The **Economic Council of Canada** was established in 1963 by Act of Parliament. The Council is a Crown corporation consisting of a Chairman, two Directors and not more than twenty-five Members appointed by the Governor in Council.

The Council is an independent advisory body with broad terms of reference to study, advise and report on a very wide range of matters relating to Canada's economic development. The Council is empowered to conduct studies and inquiries on its own initiative, or if directed to do so by the Minister, and to report on these activities. The Council is required to publish annually a review of medium- and long-term economic prospects and problems. In addition it may publish such other studies and reports as it sees fit.

The Chairman is the Chief Executive Officer of the Council and has supervision over and direction of the work and staff of the Council. The expenses of the Council are paid out of money appropriated by Parliament for the purpose.

The Council as a corporate body bears final responsibility for the *Annual Review*, and for certain other reports which are clearly designated as *Council Reports*. The Council also publishes *Research Studies*, *Discussion Papers* and *Conference Proceedings* which are clearly attributed to individual authors rather than the Council as a whole. While the Council establishes general policy regarding such studies, it is the Chairman of the Council who bears final responsibility for the decision to publish authored research studies, discussion papers and conference proceedings under the imprint of the Council. The Chairman, in reaching a judgment on the competence and relevance of each author-attributed study or paper, is advised by the two Directors. In addition, for *authored Research Studies* the Chairman and the two Directors weigh the views of expert outside readers who report in confidence on the quality of the work. Publication of an author-attributed study or paper signifies that it is deemed a competent treatment worthy of public consideration, but does not imply endorsement of conclusions or recommendations by either the Chairman or Council members.

# Canadian Productivity Growth

## The Authors

### *Harry H. Postner*

Is a research economist on the staff of the Economic Council of Canada. His doctorate is from the University of Minnesota. He has authored previous studies on productivity, international trade, and unemployment. He is an active member of the International Association for Research in Income and Wealth, and has presented papers on input-output analysis and national economic accounting at meetings in Austria, France, and Luxembourg.

### *Leslie Wesa*

Is an economist on the staff of the Economic Council of Canada. She has studied at Carleton University, McArthur College of Education, Queen's University, and Lakehead University.

HARRY H. POSTNER
LESLE WESA

# Canadian Productivity Growth

## An Alternative (Input-Output) Analysis

The findings of this study are the personal responsibility of the authors and, as such, have not been endorsed by Members of the Economic Council of Canada.

© Minister of Supply and Services Canada 1983

Available in Canada through

Authorized Bookstore Agents
and other bookstores

or by mail from

Canadian Government Publishing Centre
Supply and Services Canada
Ottawa, Canada, K1A 0S9

Catalogue No. EC 22-115/1983E
ISBN 0-660-11384-8

Canada: $6.95
Other countries: $8.35

Price subject to change without notice

*Cette étude est également disponible en français sous le titre : «La croissance de la productivité : Une analyse interindustrielle».*

# Contents


| | | |
|---|---|---|
| **Preface** | | **vii** |
| **1** | **Introduction** | **1** |
| | General Background | 1 |
| | Canadian Input-Output Statistics | 2 |
| | Scope of the Study | 2 |
| **2** | **Basic Productivity Growth Analysis, 1961-76** | **5** |
| | Statistical Background | 5 |
| | Basic Input-Output Calculation | 6 |
| | Tabular Analysis of Productivity Estimates | 7 |
| | Two Applications of Productivity Estimates | 11 |
| **3** | **Decomposition of Productivity Growth Analysis, 1961-76** | **15** |
| | Rationale of Decomposition Procedure | 15 |
| | Analysis of Decomposed Productivity Growth Rates | 17 |
| | Two Applications with Further Interpretations | 23 |
| **4** | **The Connection between Research and Development and Productivity Growth, 1966-76** | **29** |
| | Statistical Background | 29 |
| | Empirical Regression Results | 30 |
| | Statistical Policy Implications | 34 |
| **5** | **An Anatomy of Productivity Stagnation, 1973-78** | **37** |
| | Some Statistical Considerations | 37 |
| | Productivity Stagnation Results Compared | 37 |
| | Decomposition of Productivity Stagnation | 40 |
| **6** | **Conclusion** | **47** |
| | Productivity Measurement Issues: A Recapitulation | 47 |
| | Productivity Growth "Explanation" | 49 |
| | Canadian Industrial Policy and All That | 50 |
| | Future Research Directions | 53 |
| **A** | **Mathematics** | **61** |
| | Basic Input-Output Model | 61 |
| | The Mathematics of Decomposition Analysis | 64 |
| | A Modification of Decomposition Analysis | 70 |
| | The Mathematics of Research and Development Analysis | 75 |

An Extension of the Basic Model 76

**B Statistics *by Leslie Wesa*** **79**
Input-Output Data Requirements 79
Derivation of the Capital Replacement Coefficient Matrix 79
Alternate Measures of Labour Input 83
Calculation of Traditional Productivity Growth Measures 84
Derivation of an R & D Stock 84
Sensitivity Tests 87
Aggregation of the Productivity Growth Rates 88
Computer Program 88

**Notes** **89**

**List of Tables** **93**

**Bibliography** **95**

# Preface

This study has benefited from comments received from various sources. Special thanks are due to Neil Swan, Director of the Economic Council's Technological Change, Productivity and Growth Project, for stimulating questions and comments. Three anonymous reviewers also contributed valuable advice. A meeting with Professor Ed Wolff at New York University was helpful in clarifying some technical issues relating to productivity growth decomposition. We are particularly indebted to the Structural Analysis Division of Statistics Canada for supplying most of the statistical data.

The text and Appendix A of the study were written by the senior author. Appendix B and all calculations reported in Chapters 2, 3, and 4 were prepared by the second author. Pierre Mercier, who came into this study at a relatively late stage, performed the computer calculations reported in Chapters 5 and 6. Bob Lyle did a fine job of editing the study and bringing the manuscript to publication.

The study is essentially based on statistical data that were available by September 1982. All errors or inadequacies are the responsibility of the authors.

# 1 Introduction

The main purpose of this study is to present an alternative (and relatively new) approach to Canadian productivity growth analysis. The approach is based on utilization of Canadian input-output tables. It is assumed throughout the text that the reader has good familiarity with the economics of productivity growth analysis. On the other hand, it is not necessary to be acquainted with input-output analysis in order to understand the text, but some familiarity with this technique would be helpful.

## General Background

One way to introduce the subject is to compare the alternative approach with the traditional simple measure of labour productivity. The latter approach is industry-oriented: productivity is defined in terms of gross domestic product (GDP) originating in each industry (i.e., value-added) per person employed. The value-added estimate of an industry's real output subtracts all purchased intermediate inputs (raw materials, energy, and contracted-out services) from the industry's gross output revenue, yielding a net measure of industry output. In effect, each industry is a separate entity, and industrial interdependence is overlooked. This industry productivity measure is easy to apply and, in fact, has two distinct advantages: 1/ the measure yields productivity levels at each point in time (as well as productivity growth rates), and 2/ the measure is straightforward to aggregate, as the total of all industries' net output divided by the total of all industries' employment yields the commonly accepted estimate of a nation's aggregate productivity level – namely, GDP per person employed. This level, calculated at various points in time, can then be transformed into the nation's aggregate productivity growth rates during various time periods.

Economic statisticians have, nevertheless, complained that the above simple measure of (labour) productivity is not satisfactory, particularly for individual industries. It is argued that there are other primary (own-industry) factors of production besides labour – namely, physical capital inputs. Moreover, merely subtracting out all intermediate inputs, as above, is often arbitrary, and has the effect of truncating the true industrial process picture. Therefore, other (multi-factor) measures of industrial productivity have been advocated, and these do account for physical capital and purchased intermediate inputs. These more general measures are well-illustrated and used in the *Seventeenth Annual Review* of the Economic Council of Canada (1980). It can, however, be shown that the more general measures do not possess the two distinct advantages of the simple measure mentioned above and are, therefore, sometimes difficult to interpret. There are also inherent problems relating to the incorporated treatment of intermediate imports and changes in the international terms of trade, which are important for a nation such as Canada. Finally, the more general measures of productivity growth, even though purchased intermediate inputs are accounted for, still remain essentially own-industry-oriented; industrial interdependence and its impacts on productivity growth dispersion (explained later in this study) are neglected. Hence the search for an alternative approach to Canadian productivity level and corresponding growth analyses.

This search has led to a productivity analysis based on input-output (I-O) techniques that is final demand-oriented (or consumption-oriented), rather than industry-oriented (or production-oriented). Productivity is now defined by the reciprocal of total labour required in the economy to produce and deliver one unit of each industry's output for final consumption. It will be seen that this alternative approach retains the two distinct advantages of the simple traditional (labour) productivity measure, but yet also possesses the generality of more sophisticated measures mentioned in the preceding paragraph. The input-output approach to productivity permits a natural incorporation of international trade effects and, of course, certainly accounts for industrial interdependence. The final demand orientation of the alternative approach embodies a more direct economic welfare interpretation of productivity trends and industrial policies designed to stimulate productivity growth.

Briefly, it will be found that the approach of this study provides the policy maker with a feasible and flexible framework for raising national economic welfare through productivity growth. In the traditional approach, to increase productivity of a particular industry's production over the medium term, one must stimulate technological advance within that industry. In the alternative approach of the present study, the focus is on final consumption. To raise productivity with respect to final consumption of a particular industry's commodities, there is considerable room for manoeuvre, because all industries to some extent contribute (however indirectly) to a particular industry's final consumption through the industrial interdependence of a modern economy. Some industries, of course, contribute more than others, and a main effort of this study is expended towards quantifying these interindustry productivity relationships. Indeed, we find that the policy maker may even concentrate stimulation for technological advances on a small number of key industries that are known to be "ripe" for such stimulation, and which have strong forward linkages to important industrial commodity components of final consumption. In other words, to raise productivity over the whole range of industrial commodity items comprising final consumption does not require stimulating technological advance within each and every industry associated with each final stage of production. The task can be accomplished by careful choice of a few key industries, and our evidence shows that such an (implicit) strategy has already played an important role in historical Canadian productivity growth. But why should the policy maker aim for the suggested balanced productivity growth path with respect to the range of final commodity consumption? The answer to this question brings us into the realm of applied theoretical welfare economics: the balanced productivity growth path with respect to final consumption is the safest course for assuring a well-defined and unambiguous rise in national economic welfare. This is precisely the reason why the present productivity study claims to have an economic welfare dimension; see discussion in Chapter 6 and a survey of the economic welfare basis of real national income comparisons in Sen (1979).

## Canadian Input-Output Statistics

At this stage, it seems relevant to ask: Why are productivity levels and growth rates, according to the alternative measure, not used more often in productivity research? First, these measures call for I-O tables that are comparable over time and expressed in constant prices. There are very few national I-O systems that presently satisfy these needs; indeed, Canada is an exception! A related point is that I-O tables are typically not available for reasonably up-to-date analysis; again Canadian I-O is a fortunate exception. Second, the alternative approach requires not only I-O tables, but also the incorporation of an appropriate fixed capital replacement coefficient matrix in the productivity analysis. Though this latter matrix is not presently available from official sources, it is possible to construct the required matrix from available Canadian raw data that are consistent with the I-O classification system (this is further discussed in Appendix B). Third, an I-O analysis of productivity growth is subject to ambiguity in the presence of substantive international trade in intermediate goods. Indeed, the Canadian I-O tables embody very important elements of intermediate imports, particularly when augmented by a capital replacement coefficient matrix. This factor can certainly discourage use of the alternative approach to productivity for Canada. Our solution to this problem is to introduce an International trade "industry" into the analysis. In effect, the output of the industry is Canadian imports; the input of the industry is Canadian exports. Again, all the required data to carry out this calculation are available in a consistent form.

Thus we see that, while many other nations – even those with advanced statistical systems – may not be able to benefit from the I-O approach to productivity analysis, such is not the case for Canada. There is, nevertheless, one other reason for discouraging the use of I-O productivity growth research. It is stated in the preceding section that the alternative approach is final demand-oriented rather than industry-oriented. This raises the question of how the two sets of productivity measures are related. Unless this question is raised and at least partly answered, there remain doubts concerning the applicability of the "new" approach, particularly since the "old" traditional approach is so well-established. In this study, we introduce in Chapter 3 a decomposition procedure that attempts to clarify the basic issues.

## Scope of the Study

Throughout the study, we use the terms "alternative approach" and "new approach" interchangeably. Though this approach to productivity analysis is relatively new (i.e., relative to traditional measures), the approach is not entirely new. Other investigations in both Canada and other countries have applied the I-O approach to productivity research; see, for example, Armstrong (1974), Carter (1970), and Sharpe (1981). We believe, however, that the present investigation is more extensive than other similar research and, at the same time, it introduces some novel aspects of analysis and interpretation. One may

wish to regard these novel aspects as "experimental."

The present study is essentially empirical. The I-O approach to productivity analysis is performed on 40 Canadian industries, including the International trade "industry" mentioned above. These industries encompass the complete business sector of the Canadian economy, and the analysis covers the time period 1961 to 1978. Some of the most interesting results come from aggregation of the industrially disaggregated analysis. Thus, the study possesses features of both microeconomics and macroeconomics in a consistent framework. In addition to showing new sets of productivity levels and productivity growth rates, the study illustrates the estimates with practical applications. Each of the following empirical chapters contains exercises that, we hope, will clarify the nature of the alternative approach to productivity analysis. Also, in many cases, the I-O sets of productivity estimates are compared with estimates of the traditional type on an industry-by-industry basis and in aggregate. Some of the empirical chapters contain policy implications, but most such implications can be found in Chapter 6, which also contains our conclusions and a rather complete overview of the study's highlights. Readers mainly interested in policy implications are advised to proceed directly to Chapter 6 before turning to Chapter 2. The policy implications lead naturally to a series of future research directions in the closing section of Chapter 6.

A glance at the Contents page should give the reader a good idea of the study's organization. An effort is made to keep the main text free of mathematics. In the few places in the text where nontrivial mathematics is used, the relevant paragraphs can be omitted without serious loss of continuity; we also attempt to translate these operations into words. Thus the text is essentially nonmathematical, but not necessarily nontechnical. The most important tabular empirical results and discussion is to be found in the main text. Nevertheless, the I-O approach to productivity analysis is, fundamentally, a particular set of mathematical operations. Therefore, for a full understanding of the procedures, it is really necessary for the reader to consult Appendix A. This appendix is based on the mathematics of input-output and related analysis. Some advanced aspects of the analysis are illustrated by special tables in this appendix. Finally, Appendix B provides details of data sources and manipulations required to perform the analysis. In both the text and the appendixes, the exposition is kept relatively concise. Similarly, the tabular estimates shown in the study are the ones judged to be the most important in terms of clarifying the methodology and providing substance for analysis and interpretation. All references to the work of other authors can be found in the Bibliography.

# 2 Basic Productivity Growth Analysis, 1961-76

This chapter contains the basic analysis of the alternative approach to productivity measurement. This type of analysis has been performed by other investigators, generally using data that are not ideally appropriate for I-O purposes. The Canadian data deployed in this chapter are appropriate and, in fact, permit some extensions of the analysis. Considerable attention is given in this chapter to explaining each step in the analysis and to comparing the alternative approach estimates with the "corresponding" traditional productivity measures. The correspondence between the two sets of measures is, of course, incomplete, since the two sets possess different "orientations." The advantages and disadvantages of the final consumption orientation property of the I-O perspective are highlighted in this chapter and the next. In a later chapter (Chapter 5), the results are updated to the year 1978.

## Statistical Background

We first provide some brief statistical background to this chapter and the next (further details are available in Appendix B). The basic productivity analysis is performed in terms of 40 Canadian industries classified according to Aggregation M in the Statistics Canada (1982*a*) input-output industrial system. It should be noted that Aggregation M actually contains 43 industries; three of these industries are special I-O dummy industries, which we have integrated (not eliminated) with conventional industries using a standard technique (the advantages of doing this are apparent in Appendix B). One industry – Owner occupied dwellings – was eliminated from this study's business sector and, in effect, added to final demand. This particular industry cannot play a useful role in our study for two reasons: 1/ Owner occupied dwellings has no direct labour input, and 2/ the industry does not produce intermediate output. Therefore, we are left with 39 conventional I-O industries (after modification to integrate the three dummy industries), to which is added an International trade industry explained below. The study, then, accounts for virtually the whole Canadian business sector, that is, industrial establishment aggregations that produce for the market at a price normally designed to cover costs and possibly earn a profit. Government enterprises paralleling privately owned (profit-seeking) firms are included in the business sector.[1]

All statistical data deployed in this study involving market (price) valuations are expressed in constant 1971 prices. This, for example, permits analysis in terms of real industrial output and real final demand consumption, even though our main interest is in time-series analysis. The availability of such data in the Canadian context is a key factor for successful application of the alternative approach to productivity growth research. Labour input in this chapter and the next is measured by the total number of "man-years employed." Most of the productivity calculations in the study are also estimated using a "man-hours worked" measure of labour input, and these additional results (where not shown) are available on request (see further discussion in Appendix B). It should also be noted that, in this study, labour is treated as homogeneous, so no direct account is taken of different "qualities" of labour input. If such an account is taken, then, in the spirit of input-output analysis, a human capital input approach is really required with a human capital-producing "industry" and human capital replacement and maintenance "expenditures." Such an approach would take us far from our immediate objective and, in any event, the basic, required statistical data are not available for an industry-disaggregated analysis. This is certainly a subject for further research.

There is one other statistical consideration that should be clarified. All productivity growth analyses in the study are performed using multiple-year time intervals of at least five years' duration. The reason here is that input-output tables and closely related data are not sufficiently accurate to permit economically meaningful time-series analysis for intervals of much less than five years' duration. Even though Statistics Canada has constructed an annual and comparable time-series of input-output tables covering the complete period 1961-78, there is good

reason to believe that relatively short-term changes are typically not significant (see Postner, 1982, for related discussion). Therefore, our analysis using the alternative approach is limited to medium-term investigation.

## Basic Input-Output Calculation

The basic calculation required to estimate a productivity level using the input-output approach can be characterized as follows. Consider a piece of domestically produced transportation equipment, such as an automobile, delivered to satisfy domestic consumer (final) demand.[2] Suppose we wish to know the economy-wide total labour required to produce this unit of transportation equipment. To perform the calculation, we certainly count the labour directly required at the final stage of the automobile production, that is, the labour embodied in the value-added of the automobile (or transportation equipment) industry. But this industry purchases a wide variety of intermediate inputs (energy, steel, rubber, plastics, electrical products, and business and financial services) from other industries, each of which also employ labour in their respective value-added operations. Thus, we must also add in the indirect labour of the other industries to the extent that the original automobile industry purchases their produced intermediate goods and services. And each of these industries in turn use intermediate commodities purchased from still other industries (including each other), so there is a very indirect labour content of the original automobile to be further counted in. And so on for the "still other industries" and their intermediate input purchases, with further labour content.

Although these calculations may look cumbersome, if not impossible, it turns out that the calculations are trivial when performed on the modern electronic computer using the standard estimation technique of I-O analysis. The basic idea of I-O productivity analysis is actually very simple, and can also be expressed equivalently with some mathematical notation. Let $X$ represent the industrial gross output (column) vector, $Y$ represent the final demand vector, $A$ represent the input-output current account coefficient matrix, $\ell'$ represent the direct labour coefficient (row) vector, and $I$ represent the standard identity matrix. Then, from the fundamental input-output accounting equation, we know that:

$$(2.1) \quad X = AX + Y$$

$$(2.2) \quad X = (I - A)^{-1}Y$$

and total labour employed in the industrial economy equals:[3]

$$(2.3) \quad \ell'X = \ell'(I - A)^{-1}Y$$

Now suppose that final demand for each of the industrial products is, each in turn, increased by one unit. It is then straightforward to see that each unit added to final demand is responsible for raising total labour requirements according to the corresponding elements of the row vector $\ell'(I - A)^{-1}$. The result of this procedure is a measure of the inputs required by an economy to produce each unit of industrial output delivered to final demand, expressed in terms of total (direct and indirect) labour requirements. The reciprocal of this measure (each element of the row vector) is the economy-wide total labour productivity of each industry's output delivered to final demand. Clearly these measures can be made at various points in time, yielding total labour productivity growth rates for each and every industry.

To illustrate, we estimate that the (economy-wide) total labour requirements needed to produce and deliver a typical bundle of Canadian agricultural products worth one million dollars (in 1971 prices) to final demand was 274 man-years employed in the year 1961. The same bundle, or unit, of agricultural products to satisfy final demand in the year 1976 required a total of only 138 man-years employed. One may call these estimates the "direct plus indirect labour coefficients" for Agriculture (industry no. 1) in the years 1961 and 1976, respectively. Table 2-1 shows these coefficients for all 40 industries, including International trade (explained below), for the two terminal years 1961 and 1976.

Intuitively we should feel, at least for Agriculture, that there has been a remarkable increase in Canadian productivity over the 1961-76 time period, and this is precisely what the alternative approach to productivity analysis indicates. The productivity level of Canadian Agriculture in any year (actually, Canadian agricultural products as delivered to final demand) is simply the reciprocal of the estimated total labour requirements per unit (one million dollars) estimated – namely, ($1,000,000 ÷ 274) in the year 1961 and ($1,000,000 ÷ 138) in 1976 – which equals $3,647 and $7,235, respectively. Again, in the year 1961, $3,647 of Canadian agricultural products, measured in constant 1971 prices, were produced and delivered to final demand per man-year of labour employed. By the year 1976, the corresponding estimate, also in 1971 prices, was $7,235. This yields an average annual productivity growth rate, using the

Table 2-1

Total Labour Requirements (Direct and Indirect) in Man-Years per One Million Dollars* of Output, 40 Industries, 1961 and 1976

| | 1961 | 1976 |
|---|---|---|
| 1 Agriculture | 274.2 | 138.2 |
| 2 Forestry | 128.3 | 87.2 |
| 3 Fishing and hunting | 143.0 | 145.1 |
| 4 Metal mines | 80.2 | 67.2 |
| 5 Mineral fuels | 66.9 | 53.7 |
| 6 Nonmetal mines | 108.2 | 67.7 |
| 7 Services to mining | 97.2 | 71.6 |
| 8 Food and beverages | 175.3 | 98.3 |
| 9 Tobacco products | 144.8 | 79.1 |
| 10 Rubber and plastics | 134.7 | 78.0 |
| 11 Leather products | 174.9 | 106.5 |
| 12 Textiles | 160.0 | 84.0 |
| 13 Knitting mills | 187.2 | 90.2 |
| 14 Clothing | 168.0 | 104.8 |
| 15 Wood products | 140.0 | 91.6 |
| 16 Furniture and fixtures | 146.5 | 99.5 |
| 17 Paper and allied products | 112.3 | 83.0 |
| 18 Printing and publishing | 113.3 | 80.3 |
| 19 Primary metals | 103.4 | 77.0 |
| 20 Metal fabricating | 121.3 | 78.6 |
| 21 Machinery | 112.6 | 75.7 |
| 22 Transportation equipment | 124.2 | 68.7 |
| 23 Electrical products | 128.3 | 75.5 |
| 24 Nonmetallic mineral products | 113.0 | 71.7 |
| 25 Petroleum and coal products | 96.8 | 65.1 |
| 26 Chemicals | 117.1 | 72.6 |
| 27 Miscellaneous manufacturing | 133.0 | 83.3 |
| 28 Construction | 109.0 | 76.2 |
| 29 Transportation and storage | 132.3 | 74.7 |
| 30 Communications | 147.3 | 75.9 |
| 31 Electric power and gas | 78.7 | 55.4 |
| 32 Wholesale trade | 116.0 | 76.4 |
| 33 Retail trade | 175.0 | 125.8 |
| 34 Finance, insurance, and real estate | 59.5 | 56.4 |
| 35 Education and health | 71.5 | 60.5 |
| 36 Amusement and recreation | 122.2 | 103.8 |
| 37 Services to business | 95.3 | 87.0 |
| 38 Accommodation and food | 127.7 | 127.4 |
| 39 Other personal services | 144.6 | 185.0 |
| 40 International trade | 128.4 | 71.8 |

*Constant 1971 dollars
SOURCE Based on data from Statistics Canada

alternate approach, equal to 4.7 per cent. These are precisely the productivity results shown in Table 2-2 for all 40 industries of the Canadian business sector. The alternative approach estimates are also called the I-O total labour productivity levels and the respective average annual percentage growth rates.

Before discussing Table 2-2, a number of points should be clarified. The alternative approach to productivity implicitly accounts for all primary and secondary (purchased intermediate inputs) factors of production. Indeed, physical capital inputs are incorporated by including the capital depreciation and replacement elements in each industry's production requirements. In effect, this is performed by adding an appropriate fixed capital replacement coefficient matrix to the conventional I-O current account coefficient matrix (using a rather cumbersome procedure outlined in Appendix B). What about intermediate imports? Many Canadian industries satisfy their production requirements for raw materials and capital equipment through imports – produced by labour, not domestically, but in other countries. Thus, one cannot measure the labour content of imported intermediate and capital replacement inputs by the conventional I-O technique described above. Our solution to this rather technical problem is to introduce an International trade "industry" into the analysis. The output of this industry is Canadian imports; the input of the industry is Canadian exports. One might say that the labour content of Canadian intermediate imports is ultimately derived from the total labour embodied in domestically producted exports. International trade is an "exchange" industry rather than a production industry and, therefore, has no direct labour content. The labour embodied in Canadian exports is always indirect (further interpretation of the International trade "exchange industry" is given below).[4] So, the alternative approach to productivity measurement permits all inputs to be reduced to a common denominator – namely, labour – even though there are many other types of input besides labour. We may unambiguously refer to total labour productivity growth and levels over time. This property is what still maintains the "two distinct advantages" of the simple traditional productivity measure mentioned in Chapter 1 (see also discussion to follow). It really means that all productivity changes ultimately become labour-saving devices (productivity advances), or labour-dissaving devices (productivity regresses) in our particular framework.

## Tabular Analysis of Productivity Estimates

One way to analyse the I-O productivity estimates of Table 2-2 is to compare the results with the "corresponding" productivity measures using the simple traditional approach. These measures are shown in Table 2-3 for 39 individual industries during 1961-76 (excluding International trade, which has no counterpart in the traditional context). The specific measure used in Table 2-3 is simple: each industry's productivity level is defined in terms of gross domestic product originating in the industry (i.e., value-added) per person employed. As we know, this measure has the advantage of yielding productivity levels as well as productivity growth rates (more sophisticated multi-factor productivity measures

Table 2-2

(Input-Output) Total Labour Productivity Level and Average Annual Growth Rate, 40 Industries, 1961-1976

| | Level | | Average growth rate 1961-76 |
|---|---|---|---|
| | 1961 | 1976 | |
| | (Dollars*) | | (Per cent) |
| 1 Agriculture | 3,647 | 7,235 | 4.7 |
| 2 Forestry | 7,794 | 11,465 | 2.6 |
| 3 Fishing and hunting | 6,992 | 6,892 | -0.1 |
| 4 Metal mines | 12,463 | 14,887 | 1.2 |
| 5 Mineral fuels | 14,942 | 18,616 | 1.5 |
| 6 Nonmetal mines | 9,243 | 14,776 | 3.2 |
| 7 Services to mining | 10,291 | 13,968 | 2.1 |
| 8 Food and beverages | 5,706 | 10,168 | 3.9 |
| 9 Tobacco products | 6,906 | 12,648 | 4.1 |
| 10 Rubber and plastics | 7,425 | 12,821 | 3.7 |
| 11 Leather products | 5,717 | 9,391 | 3.4 |
| 12 Textiles | 6,255 | 11,901 | 4.4 |
| 13 Knitting mills | 5,342 | 11,082 | 5.0 |
| 14 Clothing | 5,952 | 9,537 | 3.2 |
| 15 Wood products | 7,141 | 10,920 | 2.9 |
| 16 Furniture and fixtures | 6,824 | 10,055 | 2.6 |
| 17 Paper and allied products | 8,905 | 12,050 | 2.0 |
| 18 Printing and publishing | 8,829 | 12,451 | 2.3 |
| 19 Primary metals | 9,671 | 12,980 | 2.0 |
| 20 Metal fabricating | 8,242 | 12,717 | 2.9 |
| 21 Machinery | 8,877 | 13,213 | 2.7 |
| 22 Transportation equipment | 8,050 | 14,557 | 4.0 |
| 23 Electrical products | 7,791 | 13,252 | 3.6 |
| 24 Nonmetallic mineral products | 8,846 | 13,938 | 3.1 |
| 25 Petroleum and coal products | 10,331 | 15,354 | 2.7 |
| 26 Chemicals | 8,541 | 13,769 | 3.2 |
| 27 Miscellaneous manufacturing | 7,516 | 11,998 | 3.2 |
| 28 Construction | 9,174 | 13,117 | 2.4 |
| 29 Transportation and storage | 7,556 | 13,381 | 3.9 |
| 30 Communications | 6,791 | 13,178 | 4.5 |
| 31 Electric power and gas | 12,703 | 18,040 | 2.4 |
| 32 Wholesale trade | 8,630 | 13,091 | 2.8 |
| 33 Retail trade | 5,713 | 7,951 | 2.2 |
| 34 Finance, insurance, and real estate | 16,818 | 17,744 | 0.4 |
| 35 Education and health | 13,984 | 16,537 | 1.1 |
| 36 Amusement and recreation | 8,184 | 9,637 | 1.1 |
| 37 Services to business | 10,498 | 11,494 | 0.6 |
| 38 Accommodation and food | 7,833 | 7,849 | 0.0 |
| 39 Other personal services | 6,915 | 5,408 | -1.6 |
| 40 International trade | 7,788 | 13,928 | 3.9 |

*Constant 1971 dollars.
SOURCE Based on data from Statistics Canada.

cannot yield economically meaningful productivity levels). Now, by comparing Table 2-2 with Table 2-3, we can make the following observations.

There are considerable similarities and differences between the two sets of labour productivity measurements. The similarities arise when an individual industry is "almost" vertically integrated, that is, intermediate and physical capital replacement commodity inputs are of little importance. This, for example, is the case with Amusement and recreation (industry no. 36) and Wholesale trade (no. 32). The big differences arise in opposite circumstances; see, for example, Mineral fuels (no. 5), Paper and allied products (no. 17), Petroleum and coal products (no. 25), and Accommodation and food (no. 38). In all industries, the basic determinants of the traditional productivity measure do implicitly obtain considerable "weight" in the construction of the alternative measure, at least in terms of direct labour content. But the indirect labour content element and its reciprocal, as expressed in productivity, are completely absent from the traditional measure. Since the indirect labour content factor reflects the impact of

Table 2-3

Traditional Labour Productivity Level and Average Annual Growth Rate, 39 Industries, 1961-76

| | Level | | Average growth rate |
|---|---|---|---|
| | 1961 | 1976 | 1961-76 |
| | (Dollars*) | | (Per cent) |
| 1 Agriculture | 2,965 | 6,226 | 5.1 |
| 2 Forestry | 7,207 | 10,946 | 2.8 |
| 3 Fishing and hunting | 8,351 | 6,301 | -1.9 |
| 4 Metal mines | 18,416 | 20,634 | 0.8 |
| 5 Mineral fuels | 24,651 | 42,989 | 3.8 |
| 6 Nonmetal mines | 10,649 | 19,724 | 4.2 |
| 7 Services to mining | 15,822 | 16,786 | 0.4 |
| 8 Food and beverages | 7,425 | 12,832 | 3.7 |
| 9 Tobacco products | 13,168 | 24,004 | 4.1 |
| 10 Rubber and plastics | 6,956 | 12,971 | 4.2 |
| 11 Leather products | 4,584 | 7,299 | 3.1 |
| 12 Textiles | 5,226 | 11,376 | 5.3 |
| 13 Knitting mills | 3,835 | 9,950 | 6.6 |
| 14 Clothing | 5,027 | 7,144 | 2.4 |
| 15 Wood products | 6,615 | 9,962 | 2.8 |
| 16 Furniture and fixtures | 5,797 | 7,860 | 2.1 |
| 17 Paper and allied products | 11,342 | 13,041 | 0.9 |
| 18 Printing and publishing | 9,105 | 12,647 | 2.2 |
| 19 Primary metals | 10,568 | 13,235 | 1.5 |
| 20 Metal fabricating | 7,951 | 12,686 | 3.2 |
| 21 Machinery | 9,266 | 13,184 | 2.4 |
| 22 Transportation equipment | 7,995 | 18,370 | 5.7 |
| 23 Electrical products | 7,074 | 13,682 | 4.5 |
| 24 Nonmetallic mineral products | 9,640 | 15,931 | 3.4 |
| 25 Petroleum and coal products | 20,618 | 23,382 | 0.8 |
| 26 Chemicals | 9,363 | 16,698 | 3.9 |
| 27 Miscellaneous manufacturing | 6,659 | 11,009 | 3.4 |
| 28 Construction | 9,416 | 12,371 | 1.8 |
| 29 Transportation and storage | 7,774 | 14,748 | 4.4 |
| 30 Communications | 8,818 | 17,930 | 4.8 |
| 31 Electric power and gas | 25,191 | 37,211 | 2.6 |
| 32 Wholesale trade | 8,579 | 13,283 | 3.0 |
| 33 Retail trade | 4,939 | 6,821 | 2.2 |
| 34 Finance, insurance, and real estate | 18,487 | 17,271 | -0.5 |
| 35 Education and health | 18,006 | 19,665 | 0.6 |
| 36 Amusement and recreation | 7,120 | 8,479 | 1.2 |
| 37 Services to business | 11,190 | 11,776 | 0.3 |
| 38 Accommodation and food | 8,682 | 6,347 | -2.1 |
| 39 Other personal services | 6,321 | 4,217 | -2.7 |

*Constant 1971 dollars

SOURCE Based on data from Statistics Canada

economy-wide influences on productivity levels and changes (further clarified in the next chapter), we should expect the various I-O industry productivity levels and growth rates to be more similar to each other than is the case with the traditional industry productivity levels and their own productivity growth rates. This is indeed so. If the two sets of estimates are correspondingly compared in terms of coefficients of variation, these variations are much lower among the I-O productivity calculations than among the traditional type of calculations, particularly when comparing productivity levels at the two points in time, 1961 and 1976.

A further analysis of Tables 2-2 and 2-3 can be made. For some industries, the I-O productivity levels are considerably lower than the corresponding traditional productivity levels (e.g., Metal mines and Mineral fuels). These are highly capital intensive industries using the simple traditional measure based on value-added. However, when the indirect labour content of the industries' intermediate input and capital replacement input are accounted for, productivity levels become much lower (which may, or may not, affect the respective productivity growth rates). On the other hand, there are industries where the I-O productivity levels are higher than the traditional

calculations; see, for example, Leather products (no. 11) and Knitting mills (no. 13). These are highly labour intensive industries based on value-added measures. Their indirect labour content (based on intermediate inputs) is relatively less labour intensive than the own industries' value-added, so that I-O productivity level calculations turn out to be higher. In any event, the dispersion of the indirect labour contents is always smaller than the dispersion of direct labour contents, particularly when it is realized that all intermediate and capital replacement inputs that are imported are transformed into labour embodied in Canada's export industries (see model in Appendix A).

It is also revealing to show the two sets of productivity results for the subperiods 1961-66, 1966-71, and 1971-76. This is given in Tables 2-4 and 2-5, where we restrict our attention to the various productivity growth rates. The generalizations made in the preceding paragraphs continue to hold true for each of the subperiods. Note that these subperiods highlight the development and beginning of a

Table 2-4

(Input-Output) Total Labour Productivity Average Annual Growth Rate, 40 Industries, 1961-66, 1966-71, and 1971-76

| | 1961-66 average | 1966-71 average | 1971-76 average |
|---|---|---|---|
| | | (Per cent) | |
| 1 Agriculture | 7.8 | 3.5 | 2.7 |
| 2 Forestry | 2.5 | 3.9 | 1.4 |
| 3 Fishing and hunting | -1.3 | 0.9 | 0.2 |
| 4 Metal mines | 1.7 | 0.6 | 1.3 |
| 5 Mineral fuels | 2.8 | 2.3 | -0.6 |
| 6 Nonmetal mines | 5.2 | 2.5 | 1.8 |
| 7 Services to mining | 2.7 | 1.0 | 2.4 |
| 8 Food and beverages | 5.4 | 4.1 | 2.3 |
| 9 Tobacco products | 5.4 | 3.8 | 3.2 |
| 10 Rubber and plastics | 5.2 | 3.8 | 2.2 |
| 11 Leather products | 3.3 | 3.7 | 3.0 |
| 12 Textiles | 4.3 | 5.2 | 3.6 |
| 13 Knitting mills | 5.7 | 4.9 | 4.3 |
| 14 Clothing | 3.0 | 3.0 | 3.6 |
| 15 Wood products | 3.6 | 2.9 | 2.1 |
| 16 Furniture and fixtures | 3.9 | 2.5 | 1.4 |
| 17 Paper and allied products | 2.8 | 2.1 | 1.2 |
| 18 Printing and publishing | 2.3 | 1.8 | 2.9 |
| 19 Primary metals | 2.8 | 2.4 | 0.7 |
| 20 Metal fabricating | 4.2 | 2.9 | 1.8 |
| 21 Machinery | 4.0 | 1.5 | 2.6 |
| 22 Transportation equipment | 4.0 | 4.5 | 3.7 |
| 23 Electrical products | 4.1 | 3.1 | 3.7 |
| 24 Nonmetallic mineral products | 4.0 | 2.9 | 2.3 |
| 25 Petroleum and coal products | 4.7 | 1.0 | 2.4 |
| 26 Chemicals | 4.4 | 2.9 | 2.4 |
| 27 Miscellaneous manufacturing | 3.2 | 3.6 | 2.7 |
| 28 Construction | 2.9 | 2.7 | 1.6 |
| 29 Transportation and storage | 5.6 | 3.5 | 2.5 |
| 30 Communications | 4.2 | 4.4 | 5.0 |
| 31 Electric power and gas | 5.1 | -0.3 | 2.3 |
| 32 Wholesale trade | 3.3 | 3.0 | 2.2 |
| 33 Retail trade | 2.7 | 2.0 | 1.9 |
| 34 Finance, insurance, and real estate | 0.7 | 1.1 | -0.7 |
| 35 Education and health | 2.2 | 1.9 | -0.7 |
| 36 Amusement and recreation | -1.2 | 1.1 | 3.5 |
| 37 Services to business | -0.5 | 0.6 | 1.7 |
| 38 Accommodation and food | -0.5 | 0.6 | -0.1 |
| 39 Other personal services | -1.8 | -1.8 | -1.3 |
| 40 International trade | 4.6 | 3.0 | 4.3 |
| **Aggregate** | 3.3 | 2.8 | 2.0 |

SOURCE Based on data from Statistics Canada

Table 2-5

Traditional Labour Productivity Average Annual Growth Rates, 39 Industries, 1961-66, 1966-71, and 1971-76

| | 1961-66 average | 1966-71 average | 1971-76 average |
|---|---|---|---|
| | | (Per cent) | |
| 1 Agriculture | 12.2 | 0.9 | 2.5 |
| 2 Forestry | 1.6 | 5.8 | 0.9 |
| 3 Fishing and hunting | -3.7 | 1.2 | -3.0 |
| 4 Metal mines | 1.8 | 0.9 | -0.4 |
| 5 Mineral fuels | 6.1 | 8.7 | -3.4 |
| 6 Nonmetal mines | 7.9 | 3.9 | 0.8 |
| 7 Services to mining | -0.1 | -0.1 | 1.5 |
| 8 Food and beverages | 2.7 | 7.0 | 1.3 |
| 9 Tobacco products | 2.4 | 5.1 | 4.8 |
| 10 Rubber and plastics | 6.4 | 4.8 | 1.2 |
| 11 Leather products | 2.2 | 4.0 | 3.2 |
| 12 Textiles | 4.2 | 7.7 | 3.9 |
| 13 Knitting mills | 7.7 | 6.0 | 5.8 |
| 14 Clothing | 1.5 | 2.3 | 2.8 |
| 15 Wood products | 3.3 | 2.5 | 2.1 |
| 16 Furniture and fixtures | 4.1 | 1.8 | -0.5 |
| 17 Paper and allied products | 1.3 | 1.7 | -0.3 |
| 18 Printing and publishing | 1.6 | 1.5 | 3.2 |
| 19 Primary metals | 2.2 | 4.0 | -1.7 |
| 20 Metal fabricating | 4.6 | 3.2 | 1.1 |
| 21 Machinery | 4.6 | 0.3 | 1.8 |
| 22 Transportation equipment | 3.7 | 8.8 | 4.3 |
| 23 Electrical products | 4.5 | 3.9 | 4.8 |
| 24 Nonmetallic mineral products | 4.1 | 3.7 | 1.8 |
| 25 Petroleum and coal products | 6.1 | -6.9 | 3.8 |
| 26 Chemicals | 5.3 | 3.8 | 2.5 |
| 27 Miscellaneous manufacturing | 2.8 | 4.5 | 2.2 |
| 28 Construction | 2.0 | 2.8 | 0.6 |
| 29 Transportation and storage | 6.4 | 4.0 | 2.7 |
| 30 Communications | 4.4 | 5.1 | 5.0 |
| 31 Electric power and gas | 6.7 | -1.1 | 2.5 |
| 32 Wholesale trade | 3.5 | 3.3 | 2.0 |
| 33 Retail trade | 2.0 | 2.4 | 2.1 |
| 34 Finance, insurance, and real estate | 0.4 | 0.5 | -2.2 |
| 35 Education and health | 1.7 | 1.7 | -1.4 |
| 36 Amusement and recreation | -3.0 | 1.4 | 4.8 |
| 37 Services to business | -1.3 | -0.6 | 3.0 |
| 38 Accommodation and food | -3.9 | -0.9 | -1.3 |
| 39 Other personal services | -3.7 | -2.6 | -1.7 |
| Aggregate | 3.3 | 2.8 | 1.4 |

SOURCE Based on data from Statistics Canada.

Canadian productivity slowdown. Because of the particular properties exhibited by the I-O measures (reflecting economy-wide influences), the impact of the slowdown is more uniformly evident among the I-O set of industry productivity growth rates than among the corresponding traditional set of average annual growth rates. This will become more evident in Chapter 5, where we analyse the most recent time period observed, 1973-78. The productivity slowdown can also be highlighted in an aggregate analysis exercise, to which we now turn.

## Two Applications of Productivity Estimates

What happens if the industrially disaggregated I-O productivity levels are aggregated? And what is the appropriate method for such aggregation? We proceed mathematically, but we also translate the operations into words. Using the notation already introduced above and letting $i'$ represent a row vector of unities, then total labour employed in the business

sector per unit of total commodity final demand is simply:

$$(2.4)\quad (\ell'X)(i'Y)^{-1} = \ell'(I - A)^{-1}Y(i'Y)^{-1} \equiv \lambda'Y(i'Y)^{-1}$$

which is a weighted average of the elements composing the total labour requirements per unit of industrially disaggregated output delivered to final demand (the elements of the row vector $\lambda' \equiv \ell'(I - A)^{-1}$). Suppose we define the aggregate (business sector) productivity level as simply $(i'Y)(\ell'X)^{-1}$. Now the reciprocal of each element of the row vector $\lambda'$ represents the industrially disaggregated total labour productivity level (our alternative I-O approach productivity measure), and can be written as $i'(\hat{\lambda})^{-1}$ where the hat ($\hat{}$) operation transforms the vector $\lambda$ into a diagonal matrix. Then we see that:

$$(2.5)\quad (i'Y)(\ell'X)^{-1} = (i'Y)(\lambda'Y)^{-1} = i'(\hat{\lambda})^{-1}(\hat{\lambda}Y)(i'\hat{\lambda}Y)^{-1}$$

This means that the aggregate productivity level is, indeed, a weighted average of the industrially disaggregated labour productivity levels. Moreover the respective weights have a very natural interpretation. Each individual productivity level, say, the $j$th element of $i'(\hat{\lambda})^{-1}$ – namely $\lambda_j^{-1}$ – is weighted by $\lambda_j Y_j$, which represents the total labour embodied in the $j$th commodity of final demand. (The weights are normalized by their simple summation.) In effect, then, each industrially disaggregated productivity level is weighted by its relative importance in terms of the corresponding labour embodied in the various commodity components of final demand. In particular, the aggregation procedure weights the International trade "industry" according to the relative importance of labour (indirectly) embodied in the total imports of final demand. This procedure is quite analogous to the trivial aggregation of the individually disaggregated traditional productivity levels, where, for example, we let $V_j$ represent value-added of the $j$th industry and $L_j$ represent labour employed in the $j$th industry, so that simple aggregation becomes:

$$(2.6)\quad (\Sigma V_j)(\Sigma L_j)^{-1} = \Sigma(V_j/L_j)(L_j/\Sigma L_j)$$

Again, each individual productivity level is weighted by the relative importance of labour employed in the respective industries. While the two sets of weights are analogous, the two sets are also different, because I-O productivity levels are final demand-oriented, while the traditional productivity levels are industry-oriented.

Further analysis shows (see Appendix A) that the aggregation of I-O productivity levels, as compared with the aggregation of traditional productivity levels, should yield identical productivity growth rates, except for two principal factors. The first factor is that the traditional method is stated in terms of gross domestic product originating in each industry, and therefore includes physical capital depreciation and replacement expenditures in value-added. The I-O method considers capital depreciation and replacement as an (intermediate) cost of production (transformed into embodied labour). If the traditional method were stated in terms of net domestic product originating in each industry, then this particular factor would be absent.[5] The factor affects the comparisons of the two sets of aggregate productivity growth rates to the extent that the ratio of business-sector total measured physical capital depreciation to business-sector total gross domestic product changes over time. The second factor concerns the presence of the International trade exchange industry in the I-O productivity methodology. The presence of this "industry" *per se* does not affect the comparison of aggregate productivity growth rates unless the Canadian economy experiences changes in the international terms of trade over time. This phenomenon enters the underlying I-O productivity model through the related balance-of-trade equation, which is more naturally represented in current prices rather than in constant (1971) prices. As a result, the export pattern, which "produces" imports, must be proportionally adjusted by a scalar translating an otherwise constant price relation into a current price relation. This adjustment scalar differs from unity only to the extent that the international terms of trade have improved or deteriorated over a particular time period. Let us now see precisely how the two factors described in this paragraph enter the aggregate productivity growth rate calculations shown in the bottom lines of Tables 2-4 and 2-5.

For both subperiods 1961-66 and 1966-71, the aggregate I-O productivity growth rate is virtually the same[6] as the corresponding aggregate traditional productivity growth calculation. During 1961-66, both the measured physical capital depreciation ratio and the international terms of trade remained essentially unchanged. During 1966-71, there was a small (4 per cent) deterioration in the Canadian terms of trade, but this factor was balanced by a fall in the physical capital depreciation (and replacement) ratio. For the subperiod 1971-76, the situation is more interesting.

First, the capital depreciation ratio increased. This factor alone would lower the traditional aggregate productivity growth rate from 1.4 per cent (shown in Table 2-5) to 1.1 per cent, if the traditional productivity growth were measured in terms of net domestic product originating in each industry. Second, during 1971-76, there was a dramatic improvement (almost 9 per cent) in the Canadian international terms of trade. The incorporated adjustment adds 0.9 percentage points to Canada's aggregate productivity growth rate when measured according to the I-O method.[7] This yields an aggregate growth rate equal to 2.0 per cent (shown in Table 2-4). Most important, the alternative approach to productivity growth then provides a more comprehensive picture of Canadian productivity change, and significantly mitigates the impact of the traditionally measured aggregate productivity slowdown (at least in the initial stages). This completes our discussion of one application of the productivity estimates according to this new method.

The second of the two applications described in this section can be outlined much more briefly. It is often argued that a demand "shift" to services may be partly responsible for an observed aggregate productivity slowdown, since service industries are supposed to have both lower productivity levels and lower productivity growth rates than most other industries. Our alternative approach to Canadian productivity analysis permits a direct test of this hypothesis as an integral part of the analysis. The test procedure shows the advantage of having unambiguous disaggregated productivity levels as well as productivity growth rates to work with. Moreover, the procedure is straightforward to apply and interpret.[8] Earlier in this section, we show that the I-O aggregate productivity level at a point in time is an appropriate final demand-weighted average of the individual, industrially disaggregated productivity levels. The final demand weights and the individual productivity levels all come from the same point in time. It is then easy to recalculate "artificial" aggregate productivity levels based on final demand weights for one point in time and industrially disaggregated productivity levels for some other point in time. The "artificial" aggregate productivity levels can be compared to yield "artificial" aggregate productivity growth rates in such a way as to reveal the marginal impact of changes in final demand weights on aggregate productivity growth.

Table 2-6 shows what the (artificial) aggregate productivity growth rates would be for the three subperiods, if the final demand weights were held constant at either 1961, 1966, 1971, or 1976 proportions. The last column of the tabulation gives the corresponding aggregate productivity growth rates (from Table 2-4) that implicitly reflect correct changes in final demand weights over time.

Table 2-6

**(Artificial) Aggregated Total Labour Productivity Annual Growth Rates Calculated from Constant and Variable Final Demand Weights, 1961-76**

| | Constant weights | | | | Variable weights |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1961 | 1966 | 1971 | 1976 | 1961-76 |
| | (Per cent) | | | | |
| 1961-66 average | 3.2 | 3.4 | 3.3 | 3.2 | 3.3 |
| 1966-71 average | 2.5 | 2.6 | 2.5 | 2.5 | 2.8 |
| 1971-76 average | 1.8 | 2.0 | 1.9 | 1.9 | 2.0 |

SOURCE Table 2-4

The aggregate productivity growth patterns are largely invariant to the various final demand weights, even though there are some important shifts in these weights over time. It is true that some service components of domestic final demand (actually, final demand for domestically produced commodities for domestic use), such as Finance, insurance, and real estate (no. 34) and Amusement and recreation (no. 36), have increased in relative importance over the time period 1961-76.[9] But even if these and all other final demand "shifts" are held constant, the impact on aggregate productivity growth and the observed productivity slowdown is very small. In reality, a large final demand "shift" is the growing role of direct imports in satisfying Canadian final demand (i.e., final demand for commodities "produced" by International trade (no. 40)). These imports comprised only about 6.3 per cent of total final demand in the year 1961; by 1976, imports made up an estimated 11.7 per cent of the total. Again, even when this "shift" is held constant, the revised aggregate productivity growth patterns remain essentially unchanged. Nevertheless, the growing importance of Canadian international trade is not to be overlooked.

To conclude this chapter, it should be stressed that some industries, usually regarded as large and important according to traditional productivity measures, can receive very little final demand weight when analysed according to the alternative approach. For example, Agriculture's final demand weight, even after labour transformation (see the mathematical analysis earlier in this section and also Table 6-3), equaled no more than 1.6 per cent of the total final

demand weight in the year 1961, and has decreased since that time. This might lead one to believe that Agriculture can make very little "contribution" to aggregate productivity growth in the context of the alternative approach. This, however, is an illusion, since Agriculture indirectly affects productivity growth through deliveries to final demand by many other industries that do have large and growing final demand weights. In fact, one purpose of the next chapter is to clarify this and other related matters of industrial interdependence in a productivity growth framework.

# 3 Decomposition of Productivity Growth Analysis, 1961-76

This chapter presents the results of a decomposition procedure that attempts to clarify and extend the alternative approach to productivity analysis. The exposition will now be more concise than in the previous chapter, and the material becomes rather more technical. Though the decomposition methodology is fairly straightforward to express mathematically, the procedure is exceedingly cumbersome to translate into words. We do try to give the reader a good intuitive understanding of our technique, and the chapter contains many illustrations and empirical results. Nevertheless, for a complete understanding of the procedures and their suggested interpretation, it is essential for the reader to refer to Appendix A. This chapter, like the previous one, contains two important applications of the decomposed productivity analysis, and it includes suggestions pointing towards implications for industrial policy.

## Rationale of Decomposition Procedure

Chapter 2 shows that the productivity estimates yielded by the alternative (I-O) approach are associated with each industry's output produced and delivered to final demand. Thus, the various productivity levels and growth rates, for each and every industry and its corresponding commodities, will be affected not only by the technological changes in each respective industry, which represents the final stage of production (e.g., the automobile industry as illustrated in Chapter 2), but also by the technological changes in all other industries (e.g., energy, steel, rubber, plastics, business, and financial services) to the extent that other industries indirectly contribute to production. It seems natural and economically meaningful, as we shall see, to disentangle the two productivity effects. We may wish to know what proportion of changes in total labour requirements for an industry's product (as delivered to final demand) is the responsibility of the primary producing industry itself. Then the remainder would be the contribution of all other industries. Clearly, such an exercise must involve an appropriate and well-defined decomposition procedure.

The particular procedure used for decomposition productivity analysis in this study is given mathematically in Appendix A.[1] There it is shown that the procedure possesses desirable properties, and some sensitivity tests are mentioned. Though the procedure that we use is well-defined, it is not unique, because other reasonable decomposition techniques may be available. The sensitivity tests, however, indicate that any "reasonable" changes in the procedure used have very little bearing on the empirical productivity results obtained. For present purposes, it seems best to describe the decomposition technique and corresponding extensions in the context of our actual results.

Table 3-1 presents the decomposition of the change in total labour requirements (the direct plus indirect labour coefficients) during 1961-76 for each of the 40 industries, including International trade. We know, for example, from Table 2-1, that total labour requirements per unit (one million dollars) of Canadian agricultural products delivered to final demand in the year 1961 equaled 274 man-years while the corresponding figure in 1976 was 138 man-years, so the change in total labour requirements per unit of output (final demand) is −136 man-years, as shown for Agriculture in the first column of Table 3-1. This change is now decomposed into that part for which Agriculture is responsible, the own effects, equal to −109 man-years (shown in column 2), and the remainder for which all other industries are responsible, the input effects, equal to −27 man-years (shown in column 3). The own effects account for those changes in total labour requirements (per unit of output) that can be traced expressly to Agriculture, for example, and therefore these effects include changes to Agriculture's direct labour requirements, as well as changes in Agriculture's direct intermediate and physical capital replacement inputs, with the latter elements transformed into their immediate labour content. The input effects then account for the remainder of the changes in total

labour requirements after the own effects have been subtracted out. In essence, the input effects reflect changes in the direct labour coefficients and changes in the intermediate and physical capital replacement inputs of all other industries to the extent that these other industries indirectly or ultimately contribute to the production of Agriculture, for example. The terminology "input effects" is appropriate here, since any particular industry's deliveries to final demand, with reference to total labour requirements, experiences input effects only if the particular industry consumes intermediate and capital replacement inputs. Loosely speaking, the input effects of total labour requirement change are induced through the process of backward linkages with intermediate inputs.

Table 3-1

Change in Total Labour Requirements Attributed to Own Effects or Input Effects, in Man-Years per One Million Dollars* of Output, 40 Industries, 1961-76

| | Total change | Change due to own effects | Change due to input effects | Input effects as a share of total change |
|---|---|---|---|---|
| | | | | (Per cent) |
| 1 Agriculture | -136 | -109 | -27 | 20 |
| 2 Forestry | -41 | -28 | -13 | 31 |
| 3 Fishing and hunting | 2 | 10 | -9 | -420† |
| 4 Metal mines | -13 | -7 | -6 | 45 |
| 5 Mineral fuels | -13 | -7 | -6 | 46 |
| 6 Nonmetal mines | -41 | -23 | -17 | 43 |
| 7 Services to mining | -26 | 2 | -27 | 107 |
| 8 Food and beverages | -77 | -18 | -59 | 77 |
| 9 Tobacco products | -66 | -16 | -50 | 76 |
| 10 Rubber and plastics | -57 | -30 | -27 | 47 |
| 11 Leather products | -68 | -39 | -30 | 43 |
| 12 Textiles | -76 | -43 | -33 | 43 |
| 13 Knitting mills | -97 | -59 | -38 | 39 |
| 14 Clothing | -63 | -35 | -28 | 44 |
| 15 Wood products | -49 | -23 | -25 | 52 |
| 16 Furniture and fixtures | -47 | -24 | -23 | 49 |
| 17 Paper and allied products | -29 | -9 | -20 | 68 |
| 18 Printing and publishing | -33 | -21 | -12 | 37 |
| 19 Primary metals | -26 | -6 | -20 | 77 |
| 20 Metal fabricating | -43 | -22 | -20 | 48 |
| 21 Machinery | -37 | -22 | -15 | 40 |
| 22 Transportation equipment | -56 | -32 | -23 | 42 |
| 23 Electrical products | -53 | -29 | -23 | 44 |
| 24 Nonmetallic mineral products | -41 | -21 | -20 | 50 |
| 25 Petroleum and coal products | -32 | -0 | -31 | 99 |
| 26 Chemicals | -45 | -20 | -25 | 56 |
| 27 Miscellaneous manufacturing | -50 | -30 | -20 | 41 |
| 28 Construction | -33 | -11 | -22 | 66 |
| 29 Transportation and storage | -58 | -39 | -18 | 32 |
| 30 Communications | -71 | -47 | -25 | 35 |
| 31 Electric power and gas | -23 | -11 | -12 | 51 |
| 32 Wholesale trade | -40 | -25 | -15 | 38 |
| 33 Retail trade | -49 | -31 | -18 | 37 |
| 34 Finance, insurance, and real estate | -3 | 3 | -6 | 180 |
| 35 Education and health | -11 | -4 | -7 | 63 |
| 36 Amusement and recreation | -18 | -10 | -8 | 45 |
| 37 Services to business | -8 | -4 | -5 | 54 |
| 38 Accommodation and food | -0 | 18 | -18 | 6,715 |
| 39 Other personal services | 40 | 49 | -9 | -21† |
| 40 International trade | -57 | -7 | -50 | 88 |

*Constant 1971 dollars.
†These percentages should be interpreted with care, as the input effect is negative, while the total change is positive.
SOURCE Based on data from Statistics Canada and from Table 2-1.

With this background, we can now examine the last column in Table 3-1, which shows input effects as a percentage of the total change in labour requirements for each of the 40 industries. (Clearly these percentages must be interpreted with care in the very few cases where the input effects do not have the same arithmetic sign as the change in total labour requirements.) It appears that, in many cases, input effects are far more important than the corresponding own effects in accounting for changes in labour requirements (or, reciprocally, in accounting for changes in total labour productivity levels associated with each industry's deliveries to final demand). Thus, the Canadian business sector economy is characterized by a high degree of industrial interdependence. It is not obvious, without doing the calculations, to what extent industrial interdependence contributes to each industry's total labour requirement changes over the time period 1961-76. Further analysis of this issue can be found in the next section of this chapter.

Now, since total labour requirements of a particular industry's output delivered to final demand can benefit (i.e., decrease) or deteriorate (i.e., increase) as a result of technological changes in all other industries, we may also ask another related question. To what extent does an industry indirectly contribute to changes in the total labour requirements of all other industries for their deliveries to final demand? We have already examined how a particular industry may be responsible for changes in its own labour requirements through the own effects. This new question simply poses the "other side of the coin," where we now focus on each industry's forward linkages with all industries of the business sector economy. Since these linkages ultimately occur through an industry's intermediate output, we refer to them as output effects. A particular industry's output effects is actually the total of all input effects derived from that particular industry. Indeed, the mechanics of our decomposition procedure are such that the summation of all input effects (i.e., changes in total labour requirements due to input effects and summed over all industries) is identically equal to the summation of all output effects (i.e., changes in total labour requirements associated with output effects and totaled over all industries). This is illustrated in the next table.

Table 3-2 is largely self-explanatory. The first column gives the estimated output effects for each and every industry. It is seen that output effects, which serve to lower total labour requirements throughout the business economy (and, therefore, raise total labour productivity levels), are largely dominated by the output effects transmitted from two key industries, Agriculture (no. 1) and Transportation and storage (no. 29). (See further analysis in the next section.) Services to business (no. 37) is an industry-associated source of output effects that tends to have the opposite impact, at least over the time period 1961-76. Column 2 is simply the corresponding (by industry) summations of column 1 and the previous column 2 of Table 3-1. We call this summation of each industry's own effects and output effects the total associated effects; the terminology is appropriate in view of the meaning of each "effect." It is also possible and instructive to compare each industry's input effects (from column 3, Table 3-1) with the corresponding output effects, and this is implicitly done in the third column of Table 3-2. Note that the summation of this column is identically zero. Column 4 then shows output effects as a percentage of the total associated effects. This provides yet another picture of the critical importance of Canadian industrial interdependence. In many cases, an industry's output effects is far more important than its own effects.

The reader may now realize that all the industry input effects and output effects ultimately come from a 40 x 40 matrix of disaggregated labour requirement changes during 1961-76, which simultaneously reveals all the intermediate linkages between industries. Such a matrix is shown (and further explained) in Table A-4. The summation of each column of the matrix yields the various industry input effects; the summation of each row yields the various industry output effects. Indeed, each element of the 40 x 40 matrix is an input effect of the industry named in the column heading and simultaneously an output effect of the industry named in the row. Thus the "total" input effects received by a particular industry's output delivered to final demand, with reference to the industry's unit labour requirements, can be traced back to the various individual industries from which the changes in labour requirements are transmitted in terms of output effects. Some important examples of this procedure are given later in the study.

## Analysis of Decomposed Productivity Growth Rates

The procedures described in the previous section provide a decomposition of the changes in labour requirements per unit of each industry's output delivered to final demand. Implicitly, by using a reciprocal operation, the procedures also indicate a decomposition of the changes in the levels of total labour productivity. All the new concepts (own effects, input effects, and output effects) are with respect to changes, and do not yield a new set of productivity levels for economically meaningful

Table 3-2

**Change in Total Labour Requirements Transmitted to Other Industries as a Result of Industry Output Effects and Total Associated Effects, in Man-Years per One Million Dollars* of Output, 40 Industries, 1961-76**

| | Change due to output effects | Change due to total associated effects | Output effects minus input effects | Output effects as a share of total associated effects |
|---|---|---|---|---|
| | | | | (Per cent) |
| 1 Agriculture | -264 | -372 | -236 | 71 |
| 2 Forestry | -56 | -84 | -43 | 66 |
| 3 Fishing and hunting | -2 | 8 | 6 | -29† |
| 4 Metal mines | -30 | -38 | -24 | 81 |
| 5 Mineral fuels | -10 | -18 | -4 | 59 |
| 6 Nonmetal mines | -7 | -30 | 11 | 22 |
| 7 Services to mining | 5 | 6 | 32 | 71 |
| 8 Food and beverages | -24 | -41 | 36 | 57 |
| 9 Tobacco products | -1 | -17 | 49 | 7 |
| 10 Rubber and plastics | -4 | -34 | 23 | 11 |
| 11 Leather products | -5 | -44 | 25 | 11 |
| 12 Textiles | -35 | -78 | -2 | 45 |
| 13 Knitting mills | -3 | -63 | 34 | 5 |
| 14 Clothing | -2 | -38 | 25 | 7 |
| 15 Wood products | -28 | -52 | -3 | 55 |
| 16 Furniture and fixtures | -3 | -27 | 21 | 10 |
| 17 Paper and allied products | -36 | -45 | -16 | 79 |
| 18 Printing and publishing | -22 | -43 | -10 | 51 |
| 19 Primary metals | -30 | -37 | -10 | 84 |
| 20 Metal fabricating | -20 | -43 | 0 | 48 |
| 21 Machinery | -17 | -39 | -2 | 43 |
| 22 Transportation equipment | 6 | -27 | 29 | -20† |
| 23 Electrical products | -22 | -51 | 2 | 42 |
| 24 Nonmetallic mineral products | -9 | -30 | 11 | 31 |
| 25 Petroleum and coal products | -3 | -3 | 29 | 90 |
| 26 Chemicals | -21 | -41 | 4 | 52 |
| 27 Miscellaneous manufacturing | -9 | -38 | 11 | 23 |
| 28 Construction | -50 | -61 | -28 | 82 |
| 29 Transportation and storage | -108 | -147 | -90 | 73 |
| 30 Communications | -25 | -71 | -0 | 35 |
| 31 Electric power and gas | -6 | -17 | 6 | 35 |
| 32 Wholesale trade | -34 | -58 | -19 | 58 |
| 33 Retail trade | -22 | -53 | -4 | 41 |
| 34 Finance, insurance, and real estate | 2 | 4 | 7 | 42 |
| 35 Education and health | 0 | -4 | 7 | -2† |
| 36 Amusement and recreation | -2 | -12 | 6 | 19 |
| 37 Services to business | 23 | 19 | 28 | 120 |
| 38 Accommodation and food | 1 | 18 | 19 | 4 |
| 39 Other personal services | 15 | 64 | 23 | 23 |
| 40 International trade | 0 | -7 | 50 | 0 |

*Constant 1971 dollars.
†These percentages should be interpreted with care, as the output effect and the total associated effect do not have the same sign.
SOURCE Based on data from Statistics Canada and from Table 3-1.

analysis. It certainly is possible, however, to transform the decomposition results of Tables 3-1 and 3-2 into new sets of productivity growth rates. In this section, we will show and explain this new type of productivity growth rates for the individual subperiods 1961-66, 1966-71, and 1971-76. Reference is now made to Tables 3-3, 3-4, and 3-5. Consider first Table 3-3 with respect to the time period 1961-66.

The first column of Table 3-3 merely repeats the total labour productivity growth rates (using the I-O approach) for each industry, as already shown in Table 2-4. The second column now indicates what the total labour productivity growth rates would be if technological change (changes in direct labour and intermediate input coefficients) occurred only in the single industry responsible for the final stage of

Table 3-3

Decomposition of Total Labour Productivity Average Annual Growth Rate, 40 Industries, 1961-66

| | Total, 1961-66 average | Own effects component | Input effects component | Output effects component | Total associated effects |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | (Per cent) | | |
| 1 Agriculture | 7.8 | 5.7 | 1.5 | 19.4 | 42.9 |
| 2 Forestry | 2.5 | 0.9 | 1.5 | 3.7 | 4.9 |
| 3 Fishing and hunting | -1.3 | -1.7 | 0.4 | -0.1 | -1.8 |
| 4 Metal mines | 1.7 | 1.1 | 0.6 | 4.9 | 6.4 |
| 5 Mineral fuels | 2.8 | 1.6 | 1.1 | 1.8 | 3.5 |
| 6 Nonmetal mines | 5.2 | 3.1 | 1.8 | 0.7 | 3.9 |
| 7 Services to mining | 2.7 | -0.4 | 3.3 | -0.3 | -0.8 |
| 8 Food and beverages | 5.4 | 0.7 | 4.5 | 1.3 | 2.0 |
| 9 Tobacco products | 5.4 | 0.6 | 4.5 | 0.1 | 0.7 |
| 10 Rubber and plastics | 5.2 | 2.5 | 2.3 | 0.3 | 2.8 |
| 11 Leather products | 3.3 | 1.5 | 1.6 | 0.2 | 1.8 |
| 12 Textiles | 4.3 | 2.2 | 1.9 | 1.5 | 4.0 |
| 13 Knitting mills | 5.7 | 3.4 | 1.8 | 0.1 | 3.6 |
| 14 Clothing | 3.0 | 1.5 | 1.4 | 0.0 | 1.5 |
| 15 Wood products | 3.6 | 1.5 | 1.9 | 2.9 | 4.7 |
| 16 Furniture and fixtures | 3.9 | 2.0 | 1.7 | 0.2 | 2.1 |
| 17 Paper and allied products | 2.8 | 0.9 | 1.8 | 3.4 | 4.5 |
| 18 Printing and publishing | 2.3 | 1.2 | 1.0 | 1.9 | 3.2 |
| 19 Primary metals | 2.8 | 0.7 | 2.0 | 2.8 | 3.7 |
| 20 Metal fabricating | 4.2 | 2.0 | 1.9 | 1.0 | 3.2 |
| 21 Machinery | 4.0 | 2.5 | 1.3 | 2.4 | 5.3 |
| 22 Transportation equipment | 4.0 | 2.3 | 1.4 | -0.9 | 1.3 |
| 23 Electrical products | 4.1 | 2.2 | 1.6 | 1.2 | 3.6 |
| 24 Nonmetallic mineral products | 4.0 | 1.9 | 1.9 | 0.8 | 2.8 |
| 25 Petroleum and coal products | 4.7 | 0.2 | 4.4 | 0.5 | 0.7 |
| 26 Chemicals | 4.4 | 1.8 | 2.3 | 1.7 | 3.7 |
| 27 Miscellaneous manufacturing | 3.2 | 1.7 | 1.4 | 0.4 | 2.1 |
| 28 Construction | 2.9 | 0.7 | 2.2 | 5.0 | 5.9 |
| 29 Transportation and storage | 5.6 | 3.5 | 1.7 | 11.2 | 18.4 |
| 30 Communications | 4.2 | 2.3 | 1.6 | 1.5 | 4.0 |
| 31 Electric power and gas | 5.1 | 3.1 | 1.7 | 1.9 | 5.4 |
| 32 Wholesale trade | 3.3 | 2.0 | 1.1 | 3.1 | 5.6 |
| 33 Retail trade | 2.7 | 1.6 | 1.0 | 1.0 | 2.8 |
| 34 Finance, insurance, and real estate | 0.7 | 0.1 | 0.7 | 2.0 | 2.0 |
| 35 Education and health | 2.2 | 1.1 | 1.1 | 0.0 | 1.1 |
| 36 Amusement and recreation | -1.2 | -1.7 | 0.5 | -0.1 | -1.8 |
| 37 Services to business | -0.5 | -1.0 | 0.6 | -2.5 | -3.4 |
| 38 Accommodation and food | -0.5 | -2.2 | 2.0 | -0.8 | -2.9 |
| 39 Other personal services | -1.8 | -2.2 | 0.5 | -0.8 | -2.9 |
| 40 International trade | 4.6 | 0.1 | 4.4 | 0.0 | 0.1 |
| Aggregate | 3.3 | 1.0 | 2.1 | 2.0 | 3.2 |

SOURCE Based on data from Statistics Canada and from Table 2-4.

production (i.e., technological change is permitted in the automobile industry, for example, but nowhere else). This calculation is performed by first beginning with the total labour requirements per unit of output in the year 1961 and then adding the respective own effects observed in computations analogous to those used in Table 3-1. Since most industries' own effects over the period 1961-66 were negative, these effects resulted in lowering total labour requirements by the year 1966 or, reciprocally, in raising total labour productivity levels. These new (partially) raised labour productivity levels in 1966, as compared with the original total labour productivity levels observed in the year 1961, furnish the basis for calculating the industry's productivity growth rates due to own effects during 1961-66, which is given in column 2 of Table 3-3. One might call these growth rates the own effects component of the total labour productivity growth rates. Column 3 then shows industry total labour productivity growth stemming from all technological changes in the business economy except the individual industry responsible for final production or preparation of the commodities corresponding to each listed industry. This is called the productivity

growth rate due to input effects for 1961-66 or, simply, the input effects component of total labour productivity growth. This component is calculated in a manner (using input effects such as those in Table 3-1) completely analogous to the own effects component. It is now straightforward to show that the summation of the own effects productivity growth rate, the input effects productivity growth rate, and their interaction effects equals the original total labour productivity growth rate of column 1 (for each and every industry). It might be added that the interaction effects are typically very small, particularly when both of the productivity growth rates contributed by own effects and input effects are small (the reader could easily calculate interaction effects as a residual).

It is clear from Table 3-3 that, for some industries, the portion of the growth rate due to own effects dominates that due to input effects, especially in Agriculture (no. 1), Fishing and hunting (no. 3), Knitting mills (no. 13), and Other personal services (no. 39). In these cases, total labour productivity changes, whether positive or negative, derive mainly from the final stage of production or preparation. Deliveries of other individual industries to final demand benefit mostly from general technological advances in the industries supplying either directly or indirectly to them, as reflected in their input effects, rather than within their own industry. Important examples where input effects dominate the changes in total labour productivity growth are in Food and beverages (no. 8), Primary metals (no. 19), Petroleum and coal products (no. 25), Construction (no. 28), and Accommodation and food (no. 38). In the latter industry, the input effects serve to raise the total productivity level, while the corresponding own effects of the industry depress the total labour productivity level and growth rate.

We can now consider the last two columns of Table 3-3. The industry productivity growth rates due to output effects, given in column 4, are based on the previous decomposition analysis (in Table 3-2), which yields output effects for each industry. Each output effect over the period 1961-66 is simply added to the original total labour requirements per unit of output in the year 1961. When, for example, output effects are negative, they serve to lower the industry's total labour requirements, and they thus raise total labour productivity levels. To focus on one industry, consider Agriculture. The productivity growth rate for Agriculture attributed to output effects (column 4, row 1) shows what the total labour productivity growth rate for Agriculture would be, if Agriculture's output effects (which indirectly raise productivity levels for all other industries) were "somehow" captured by Agriculture itself. It is of critical importance to note that the operation described in the preceding sentence is based upon a fictitious notion, in the sense that the operation has no real world counterpart (i.e., Agriculture can in no way "capture" its output effects, but Agriculture does "capture" its input effects, properly defined). Nevertheless, the idea of the contribution of the output effects to the productivity growth rate of an industry, as described, does have the advantage of tracing the origin of input effects to the output associated with some other industry (see discussion in previous section) and expressing their relative importance in terms of a carefully defined (but fictitious) productivity growth rate. The final column of Table 3-3 shows the productivity growth rates attributed to total associated effects, and these figures are simply the summation, for each industry, of the contributions to the growth rate of own effects (column 2), the output effects (column 4), and their interaction effects. The latter effect, which could be calculated as a residual, is large in the cases of Agriculture (no. 1) and Transportation and storage (no. 29). Indeed, these two industries require some further discussion.

It is evident from Tables 3-2 and 3-3 (the former dealing with the overall period 1961-76) that output effects, whether measured in terms of industry changes in labour requirements (as in Table 3-2) or in terms of the contribution of output effects to productivity growth rates in an industry, are particularly large in absolute value for Agriculture and Transportation and storage. Though it is easy to trace the magnitude of these calculations back to the original mathematics of the decomposition procedure, we now try to provide a more intuitive explanation. Each industry is a very important direct or indirect supplier of intermediate goods or services to all other (and to each other) Canadian industries of the business sector. Indeed, the two industries' outputs are largely destined for intermediate use rather than for final demand consumption (recall that International trade is an endogenous "industry" in our context). Both industries have incurred significant technological advances during the relevant time periods, especially in terms of reductions in their respective direct labour coefficients (this is partly indicated by their respective productivity growth rates due to own effects). At the same time, we know, from further analysis, that agricultural commodities and transportation services are generally being consumed as intermediate inputs at least as efficiently in the later years of the time period as during the first year, 1961. This unique set of economic circumstances then implies that deliveries of many Canadian industries to final demands, with respect to total labour requirements per unit of

output, are subject to relatively large indirect reductions, that is, input effects, that ultimately can be traced back and associated with either Agriculture or Transportation and storage, or both. Thus, the output effects, as defined, of these two industries are remarkably large. So are the two industries' total associated effects, but these latter effects require no new explanation, since total associated effects are simply based on the measured output effects and own effects (and their interaction effects) of each industry. Later in this study, we will comment on the more recent trend patterns of output effects, especially during 1971-76 (Table 3-5).

The International trade industry of Tables 3-3, 3-4, and 3-5 also calls for explanatory remarks. The decomposition procedure reveals that total labour productivity growth for this "artificial" exchange industry is almost entirely due to indirectly induced input effects. These reflect economy-wide technological advances that are captured by Canada's export industries, according to the relative importance of the

Table 3-4

Decomposition of Total Labour Productivity Average Annual Growth Rate, 40 Industries, 1966-71

| | Total, 1966-71 average | Own effects component | Input effects component | Output effects component | Total associated effects |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | (Per cent) | | |
| 1 Agriculture | 3.5 | 3.0 | 0.4 | 8.5 | 13.7 |
| 2 Forestry | 3.9 | 3.4 | 0.4 | 4.4 | 8.9 |
| 3 Fishing and hunting | 0.9 | 0.8 | 0.1 | 0.4 | 1.1 |
| 4 Metal mines | 0.6 | 0.5 | 0.1 | 2.0 | 2.5 |
| 5 Mineral fuels | 2.3 | 1.7 | 0.5 | 1.2 | 3.0 |
| 6 Nonmetal mines | 2.5 | 1.3 | 1.2 | 0.2 | 1.5 |
| 7 Services to mining | 1.0 | -0.6 | 1.7 | -0.9 | -1.5 |
| 8 Food and beverages | 4.1 | 1.2 | 2.6 | 1.1 | 2.4 |
| 9 Tobacco products | 3.8 | 1.2 | 2.4 | 0.0 | 1.3 |
| 10 Rubber and plastics | 3.8 | 2.3 | 1.3 | 0.3 | 2.7 |
| 11 Leather products | 3.7 | 2.3 | 1.3 | 0.2 | 2.5 |
| 12 Textiles | 5.2 | 3.3 | 1.6 | 2.5 | 6.4 |
| 13 Knitting mills | 4.9 | 3.0 | 1.6 | 0.1 | 3.2 |
| 14 Clothing | 3.0 | 1.5 | 1.4 | -0.0 | 1.5 |
| 15 Wood products | 2.9 | 1.4 | 1.4 | 0.9 | 2.4 |
| 16 Furniture and fixtures | 2.5 | 1.3 | 1.1 | 0.1 | 1.4 |
| 17 Paper and allied products | 2.1 | 0.6 | 1.4 | 2.3 | 3.0 |
| 18 Printing and publishing | 1.8 | 1.1 | 0.7 | 1.1 | 2.3 |
| 19 Primary metals | 2.4 | 1.0 | 1.4 | 2.3 | 3.4 |
| 20 Metal fabricating | 2.9 | 1.6 | 1.2 | 1.5 | 3.2 |
| 21 Machinery | 1.5 | 0.6 | 0.9 | 0.2 | 0.9 |
| 22 Transportation equipment | 4.5 | 2.6 | 1.6 | -1.5 | 0.9 |
| 23 Electrical products | 3.1 | 1.5 | 1.5 | 0.6 | 2.1 |
| 24 Nonmetallic mineral products | 2.9 | 1.5 | 1.3 | 0.4 | 2.0 |
| 25 Petroleum and coal products | 1.0 | -0.0 | 1.0 | -0.1 | -0.1 |
| 26 Chemicals | 2.9 | 1.1 | 1.7 | 1.2 | 2.4 |
| 27 Miscellaneous manufacturing | 3.6 | 2.3 | 1.1 | 0.5 | 2.9 |
| 28 Construction | 2.7 | 1.5 | 1.1 | 5.4 | 7.5 |
| 29 Transportation and storage | 3.5 | 2.6 | 0.7 | 6.1 | 10.0 |
| 30 Communications | 4.4 | 3.0 | 1.2 | 1.5 | 4.8 |
| 31 Electric power and gas | -0.3 | -0.6 | 0.4 | -0.6 | -1.2 |
| 32 Wholesale trade | 3.0 | 1.8 | 1.0 | 0.9 | 2.9 |
| 33 Retail trade | 2.0 | 1.1 | 0.9 | 0.4 | 1.4 |
| 34 Finance, insurance, and real estate | 1.1 | 0.2 | 0.8 | -0.6 | -0.4 |
| 35 Education and health | 1.9 | 1.1 | 0.8 | -0.0 | 1.1 |
| 36 Amusement and recreation | 1.1 | 0.8 | 0.3 | 0.2 | 1.0 |
| 37 Services to business | 0.6 | 1.0 | -0.4 | -0.4 | 0.6 |
| 38 Accommodation and food | 0.6 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.7 |
| 39 Other personal services | -1.8 | 2.0 | 0.3 | -0.7 | -2.6 |
| 40 International trade | 3.0 | 0.4 | 2.5 | 0.0 | 0.4 |
| Aggregate | 2.8 | 1.4 | 1.5 | 1.7 | 3.0 |

SOURCE Based on data from Statistics Canada and from Table 2-4.

various commodity exports. The own effects component of total labour productivity growth is small because International trade has no direct labour content and, therefore, cannot by definition benefit from changes in this factor. There is, nevertheless, a nonzero own effects component, and this mainly embodies the changes in Canadian international terms of trade, as explained in Chapter 2. As seen in the International trade (no. 40) row of the three tables, the own effects component during the most recent subperiod 1971-76 is significantly larger than in the earlier subperiods. It should be noted, however, that the measured own effects of International trade also contain a minor impact due to changes in the Canadian export composition pattern. Finally, it will be noticed that the output effects of International trade are always zero; this stems from the absence of a direct labour coefficient in this industry (according to the methodology used in this chapter).

The three Tables 3-3, 3-4, and 3-5 also exhibit aggregate productivity growth rates (in their bottom

Table 3-5

Decomposition of Total Labour Productivity Average Annual Growth Rate, 40 Industries, 1971-76

| | Total, 1971-76 average | Own effects component | Input effects component | Output effects component | Total associated effects |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | (Per cent) | | |
| 1 Agriculture | 2.7 | 2.1 | 0.5 | 6.2 | 9.3 |
| 2 Forestry | 1.4 | 1.2 | 0.2 | 2.9 | 4.3 |
| 3 Fishing and hunting | 0.2 | -0.5 | 0.6 | 0.0 | -0.4 |
| 4 Metal mines | 1.3 | 0.3 | 0.9 | 1.8 | 2.2 |
| 5 Mineral fuels | -0.6 | -0.9 | 0.3 | 0.6 | -0.3 |
| 6 Nonmetal mines | 1.8 | 0.8 | 1.0 | 0.6 | 1.4 |
| 7 Services to mining | 2.4 | 0.8 | 1.6 | 0.3 | 1.0 |
| 8 Food and beverages | 2.3 | 0.6 | 1.6 | 1.0 | 1.7 |
| 9 Tobacco products | 3.2 | 0.9 | 2.1 | 0.1 | 1.1 |
| 10 Rubber and plastics | 2.2 | 0.7 | 1.5 | 0.1 | 0.8 |
| 11 Leather products | 3.0 | 1.8 | 1.2 | 0.2 | 1.9 |
| 12 Textiles | 3.6 | 1.5 | 1.9 | 2.0 | 3.7 |
| 13 Knitting mills | 4.3 | 1.8 | 2.3 | 0.3 | 2.1 |
| 14 Clothing | 3.6 | 2.2 | 1.2 | 0.4 | 2.7 |
| 15 Wood products | 2.1 | 1.0 | 1.0 | 0.9 | 2.0 |
| 16 Furniture and fixtures | 1.4 | 0.5 | 0.9 | 0.2 | 0.8 |
| 17 Paper and allied products | 1.2 | 0.3 | 0.9 | 2.0 | 2.3 |
| 18 Printing and publishing | 2.9 | 2.0 | 0.9 | 1.3 | 3.5 |
| 19 Primary metals | 0.7 | -0.3 | 1.1 | 2.0 | 1.7 |
| 20 Metal fabricating | 1.8 | 0.8 | 0.9 | 2.0 | 2.9 |
| 21 Machinery | 2.6 | 1.4 | 1.1 | 1.0 | 2.5 |
| 22 Transportation equipment | 3.7 | 1.5 | 2.0 | 2.2 | 3.9 |
| 23 Electrical products | 3.7 | 2.1 | 1.4 | 2.7 | 5.2 |
| 24 Nonmetallic mineral products | 2.3 | 1.1 | 1.2 | 0.8 | 1.9 |
| 25 Petroleum and coal products | 2.4 | -0.2 | 2.6 | 0.2 | -0.0 |
| 25 Chemicals | 2.4 | 1.2 | 1.2 | 1.7 | 3.0 |
| 27 Miscellaneous manufacturing | 2.7 | 1.3 | 1.2 | 0.8 | 2.2 |
| 28 Construction | 1.6 | 0.1 | 1.4 | 0.9 | 1.1 |
| 29 Transportation and storage | 2.5 | 1.6 | 0.9 | 8.3 | 10.9 |
| 30 Communications | 5.0 | 3.1 | 1.6 | 1.1 | 4.4 |
| 31 Electric power and gas | 2.3 | 0.8 | 1.4 | 0.2 | 1.0 |
| 32 Wholesale trade | 2.2 | 1.2 | 0.9 | 3.4 | 4.8 |
| 33 Retail trade | 1.9 | 1.4 | 0.5 | 1.5 | 3.1 |
| 34 Finance, insurance, and real estate | -0.7 | -1.2 | 0.5 | -1.9 | -3.0 |
| 35 Education and health | -0.7 | -1.0 | 0.2 | -0.0 | -1.0 |
| 36 Amusement and recreation | 3.5 | 2.9 | 0.5 | 0.2 | 3.2 |
| 37 Services to business | 1.7 | 0.9 | 0.8 | -1.6 | -0.8 |
| 38 Accommodation and food | -0.1 | -0.5 | 0.5 | 0.1 | -0.5 |
| 39 Other personal services | -1.3 | -1.6 | 0.3 | -0.4 | 1.9 |
| 40 International trade | 4.3 | 0.8 | 3.4 | 0.0 | 1.8 |
| Aggregate | 2.0 | 0.7 | 1.3 | 1.0 | 1.7 |

SOURCE Based on data from Statistics Canada and from Table 2-4

row). The technique used to aggregate the productivity growth rates of individual industries for the various types of productivity growth rates is entirely analogous to the aggregation procedure explained in Chapter 2. Again, we utilize appropriate (variable) final demand weights with the total labour productivity levels observed in the initial period and the partial labour productivity levels (partial, say, with respect to own effects only) observed in the terminal period. This procedure then results in a decomposition of aggregate total labour productivity growth into the components due to aggregate own effects and aggregate input effects (plus a small amount to approximate the interaction effect). It is instructive to observe the changing pattern of this aggregate productivity decomposition over the various subperiods. It will be seen that the Canadian aggregate productivity slowdown in its initial stages is mainly reflected in the own effects component rather than in the input effects component. Similarly, we construct an aggregate total associated effects productivity growth rate from a combination of own effects and output effects. It should again be noted, however, that this particular constructed growth rate is for comparative purposes and has no real-world counterpart. In any event, we have shown that the alternative approach to productivity analysis yields a total labour productivity growth rate that is subject to economically meaningful decomposition both by industry and in aggregate. One component of this growth rate – namely, the own effects component of productivity growth – is a counterpart of the traditional type of productivity growth rates, since this component reflects only technological changes within the industry itself. But the alternative (I-O) approach also reveals other components, with a potential for deeper productivity analysis.

## Two Applications with Further Interpretations

This section contains two major applications of the decomposition of productivity changes using our I-O approach to productivity analysis. Though the following results are of some inherent interest, the main purpose is to further clarify the nature of the alternative approach and to furnish a basis for more advanced interpretations.

It is well-known that the official real output measures of certain service industries, even commercial service industries, are not well-defined and are subject to considerable improvement. We have been able to obtain an experimental measure of output for the Canadian Finance, insurance, and real estate (FIRE) industry (no. 34).[2] This measure appears to be superior in important respects to the official estimates used so far in this study. It turns out that the real gross output growth rates for the two measures were very similar during the 1961-66 and 1966-71 subperiods but, for the 1971-76 subperiod, the experimental measure indicates a considerably larger rate of growth (the real output level in the year 1976 using the experimental measure was about 22 per cent higher, compared with the official measure for that year). In effect, the experimental measure of real output embodies an alternative price deflator indicating that the price deflator officially used for FIRE is probably biased upward. It must be stressed, however, that FIRE is not only an important Canadian industry (contributing to at least 10 per cent of gross domestic product in terms of value-added), but also the single most important producer of intermediate commodities covered in this study. Therefore, both real gross output of FIRE and real intermediate input of FIRE services consumed by all industries, including itself, must be adjusted upward when using the experimental measure. It is possible to perform these adjustments in the context of the I-O approach to productivity analysis. What, then, would be the impact of introducing the experimental measure into the analysis of Canadian productivity growth for 1971-76, as originally shown in Table 3-5? The answer can be found by comparing the new Table 3-6 (using the experimental measure) with the original "official" Table 3-5.

It is a remarkable property of the I-O approach that all of the total labour productivity growth rates for individual industries (column 1 in both tables) are completely unaffected by the change to the experimental measure – all, that is, except the FIRE industry (no. 34). In Table 3-5, the total labour productivity growth rate for this industry during 1971-76 is −0.7 per cent; it is not surprising that the corresponding revised growth rate in Table 3-6 is much higher – equal to 3.3 per cent. What may be surprising is that all other total labour productivity growth rates are invariant to the revision. But this result should not be too surprising when it is realized that the revision involves not only an upward adjustment of FIRE real output, but also similar adjustments for the intermediate consumption of FIRE services by all other industries. This is further clarified by observing the decomposition of total labour productivity growth rates for each industry into their own effects and input effects components. Indeed, by comparing the second columns of Tables 3-5 and 3-6, we see that the contribution of own effects to growth rates for all industries becomes marginally smaller with the revision, reflecting increased intermediate usage of FIRE services (technological "regression," since conditions are *ceteris paribus*). Again, this is true for

all industries except FIRE, which now experiences a contribution of own effects to the productivity growth rate equal to 2.0 per cent, compared with the previous estimate of −1.2 per cent shown in Table 3-5. This change reflects the large reduction in the direct labour coefficient of FIRE when the real output of the industry is adjusted upward. Now, since the total labour productivity growth rates for all industries except FIRE remain the same while their own effects components of growth rates marginally decrease, we should expect the input effects components of growth rates to marginally increase, and this is precisely the situation, as observed in the third columns of both tables. In fact, analysis of the fourth columns of the two tables shows that the marginal increase in the input effects for all industries are derived from and associated with a substantial increase in FIRE's output effects. These latter effects, equal to −1.9 per cent in terms of productivity growth rates in Table 3-5, become 0.9 per cent in the revised

Table 3-6

Decomposition of Total Labour Productivity Average Annual Growth Rate Revised with Respect to the Finance, Insurance, and Real Estate Industry, 40 Industries, 1971-76

| | Total, 1971-76 average | Own effects component | Input effects component | Output effects component | Total associated effects |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | (Per cent) | | |
| 1 Agriculture | 2.7 | 2.1 | 0.6 | 6.2 | 9.3 |
| 2 Forestry | 1.4 | 1.1 | 0.3 | 2.9 | 4.2 |
| 3 Fishing and hunting | 0.2 | -0.5 | 0.7 | 0.0 | -0.4 |
| 4 Metal mines | 1.3 | 0.3 | 1.0 | 1.8 | 2.1 |
| 5 Mineral fuels | -0.6 | -1.3 | 0.8 | 0.6 | -0.7 |
| 6 Nonmental mines | 1.8 | 0.7 | 1.0 | 0.6 | 1.3 |
| 7 Services to mining | 2.4 | 0.7 | 1.7 | 0.3 | 1.0 |
| 8 Food and beverages | 2.3 | 0.6 | 1.6 | 1.0 | 1.7 |
| 9 Tobacco products | 3.2 | 0.9 | 2.1 | 0.1 | 1.0 |
| 10 Rubber and plastics | 2.2 | 0.7 | 1.5 | 0.1 | 0.7 |
| 11 Leather products | 3.0 | 1.7 | 1.2 | 0.2 | 1.9 |
| 12 Textiles | 3.6 | 1.5 | 1.9 | 2.0 | 3.6 |
| 13 Knitting mills | 4.3 | 1.8 | 2.3 | 0.3 | 2.1 |
| 14 Clothing | 3.6 | 2.2 | 1.2 | 0.4 | 2.7 |
| 15 Wood products | 2.1 | 1.0 | 1.0 | 0.9 | 2.0 |
| 16 Furniture and fixtures | 1.4 | 0.5 | 0.9 | 0.2 | 0.7 |
| 17 Paper and allied products | 1.2 | 0.3 | 0.9 | 2.0 | 2.3 |
| 18 Printing and publishing | 2.9 | 1.9 | 0.8 | 1.3 | 3.5 |
| 19 Primary metals | 0.7 | -0.3 | 1.1 | 2.0 | 1.7 |
| 20 Metal fabricating | 1.8 | 0.8 | 1.0 | 2.0 | 2.9 |
| 21 Machinery | 2.6 | 1.4 | 1.1 | 1.0 | 2.5 |
| 22 Transportation equipment | 3.7 | 1.5 | 2.0 | 2.2 | 3.9 |
| 23 Electrical products | 3.7 | 2.1 | 1.4 | 2.7 | 5.1 |
| 24 Nonmetallic mineral products | 2.3 | 1.0 | 1.2 | 0.8 | 1.9 |
| 25 Petroleum and coal products | 2.4 | -0.2 | 2.6 | 0.2 | -0.0 |
| 26 Chemicals | 2.4 | 1.1 | 1.2 | 1.7 | 2.9 |
| 27 Miscellaneous manufacturing | 2.7 | 1.3 | 1.3 | 0.8 | 2.1 |
| 28 Construction | 1.6 | 0.1 | 1.4 | 1.0 | 1.1 |
| 29 Transportation and storage | 2.5 | 1.5 | 0.9 | 8.4 | 10.9 |
| 30 Communications | 5.0 | 3.1 | 1.6 | 1.1 | 4.4 |
| 31 Electric power and gas | 2.3 | 0.8 | 1.4 | 0.2 | 1.0 |
| 32 Wholesale trade | 2.2 | 1.1 | 1.0 | 3.4 | 4.7 |
| 33 Retail trade | 1.9 | 1.3 | 0.6 | 1.6 | 3.0 |
| 34 Finance, insurance, and real estate | 3.3 | 2.0 | 1.2 | 0.9 | 3.0 |
| 35 Education and health | -0.7 | -1.1 | 0.3 | -0.0 | -1.1 |
| 36 Amusement and recreation | 3.5 | 2.8 | 0.6 | 0.2 | 3.1 |
| 37 Services to business | 1.7 | 0.8 | 0.9 | -1.5 | -0.8 |
| 38 Accommodation and food | -0.1 | -0.6 | 0.5 | 0.1 | -0.5 |
| 39 Other personal services | -1.3 | -1.6 | 0.4 | -0.4 | -1.9 |
| 40 International trade | 4.3 | 0.8 | 3.4 | 0.0 | 0.8 |
| Aggregate | 2.5 | - | - | - | - |

SOURCE Based on data from Statistics Canada and from Table 3-5.

Table 3-6. The substantive increase in FIRE's output effects is mainly transmitted through the reduction in the industry's direct labour coefficient, magnified by a higher level of direct and indirect intermediate consumption of FIRE services throughout the economy. The last line of Table 3-6 gives a new revised set of aggregate productivity growth rates.[3] It is interesting to note that the experimental measure of FIRE's real output results in an aggregate total labour productivity growth rate equal to 2.5 per cent for the 1971-76 period, compared with the previous estimate of 2.0 per cent. The Canadian aggregate productivity slowdown, at least in its initial stage, is now much less apparent.

One key point stemming from the above application must be re-emphasized. The I-O approach to productivity growth estimation, as we have seen, possesses a highly desirable property. The total labour productivity growth rate for each individual industry is invariant with respect to real output measurement errors occurring in any other individual industry or group of industries. This property holds in any economic state of industrial interdependence. Needless to say, the traditional type of measures of productivity growth do not possess this property.

We now turn to a second application of productivity decompositon analysis. Beginning with the observed 1976 productivity data base, we perform the following projection exercise. Five Canadian industries, among the given list of 40, are chosen to absorb a particular kind of technological stimulus. The five industries are Transportation and storage (no. 29), Communications (no. 30), Wholesale trade (no. 32), Finance, insurance, and real estate (no. 34), and Services to business (no. 37). Each of these industries is relatively large, in terms of real gross output, and each industry delivers at least 40 per cent of its total gross output to intermediate demand. The particular technological stimulus applied to each of these industries is very simple: each industry's direct labour coefficient and set of intermediate input (including capital replacement input) coefficients are cut by 25 per cent on the basis of their observed magnitudes for 1976. One may think of this exercise as a kind of 1976-81 projection of an assumed sort. The problem, then, is to prepare a complete productivity growth anatomy table similar to those already shown in this chapter. This table will represent our projected 1976-81 assumptions, the particular advantage being that we know precisely the industrial sources of all technological changes. Since these assumed technological changes are simple and concentrated, the exercise helps clarify the nature of I-O productivity analysis.

Table 3-7 contains all the required results. Note that the initial technological stimulus enters only through the own effects component of the total labour productivity growth rates. That is, all the contributions of an industry's own effects to productivity growth rates (column 2 of Table 3-7) are zero except for the five designated industries. (The own effects growth rates of these five industries are not "exactly" the same, even though they all receive identical stimuli, mainly because their total labour productivity levels for the base year 1976 are not "exactly" the same.) Since the five industries, as a whole, deliver most of their output to other industries (including each other), the original technological stimulus is eventually dispersed far and wide to all industries of the Canadian business sector, not excluding International trade. This is shown in the first column, in terms of the total labour productivity growth rates of the individual industries. The positive productivity growth rates for all industries not directly stimulated simply reflect the contribution of their input effects to productivity growth rates, as shown in column 3. These industries are not uniformly affected; the relative magnitudes of input effects depend mostly on the relative strengths of these industries' backward linkages with the five industries stimulated originally. The magnitudes of total labour productivity growths (equal to the input effects components of productivity growths) for Mineral fuels (no. 5), Petroleum and coal products (no. 25), and International trade (no. 40) are particularly noteworthy.

Clearly, we should expect the five stimulated industries to provide the major source of growth rates associated with output effects. This is evident from column 4 of Table 3-7. Again, the magnitudes of such associations are not uniform among the five industries; the relative magnitudes depend mainly on the relative strengths of these industries' forward linkages with all industries of the business economy. But note that now almost all industries exhibit some positive output effects. This phenomenon essentially derives from the fact that the technological stimulus applied to the five original industries involves not only a reduction in their direct labour coefficients, but also a reduction of the same proportion in all their intermediate input coefficients. This means that many other industries' gross outputs, delivered as intermediate inputs directly and indirectly throughout the economy, are now ("projected" to 1981) utilized more efficiently. This gain in economic efficiency is reflected in our decomposition methodology by association with the respective industry output effects. These positive output effects are all relatively small and would, indeed, equal zero, if the initial technological stimulus were restricted to a reduction

Table 3-7

Decomposition of Total Labour Productivity Average Annual Growth Rate, Artificial Projection Exercise with 1976 Base, 40 Industries

| | Total projected average | Own effects component | Input effects component | Output effects component | Total associated effects |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | (Per cent) | | |
| 1 Agriculture | 0.8 | 0.0 | 0.8 | 0.5 | 0.5 |
| 2 Forestry | 1.7 | 0.0 | 1.7 | 0.2 | 0.2 |
| 3 Fishing and hunting | 0.8 | 0.0 | 0.8 | 0.0 | 0.0 |
| 4 Metal mines | 1.5 | 0.0 | 1.5 | 0.3 | 0.3 |
| 5 Mineral fuels | 2.8 | 0.0 | 2.8 | 0.2 | 0.2 |
| 6 Nonmetal mines | 1.4 | 0.0 | 1.4 | 0.1 | 0.1 |
| 7 Services to mining | 1.1 | 0.0 | 1.1 | 0.1 | 0.1 |
| 8 Food and beverages | 1.2 | 0.0 | 1.2 | 0.2 | 0.2 |
| 9 Tobacco products | 1.2 | 0.0 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| 10 Rubber and plastics | 1.3 | 0.0 | 1.3 | 0.3 | 0.3 |
| 11 Leather products | 0.9 | 0.0 | 0.9 | 0.0 | 0.0 |
| 12 Textiles | 1.2 | 0.0 | 1.2 | 0.1 | 0.1 |
| 13 Knitting mills | 0.9 | 0.0 | 0.9 | 0.0 | 0.0 |
| 14 Clothing | 0.9 | 0.0 | 0.9 | 0.0 | 0.0 |
| 15 Wood products | 1.3 | 0.0 | 1.3 | 0.4 | 0.4 |
| 16 Furniture and fixtures | 1.0 | 0.0 | 1.0 | 0.1 | 0.1 |
| 17 Paper and allied products | 1.5 | 0.0 | 1.5 | 0.5 | 0.5 |
| 18 Printing and publishing | 1.1 | 0.0 | 1.1 | 0.5 | 0.5 |
| 19 Primary metals | 1.6 | 0.0 | 1.6 | 0.5 | 0.5 |
| 20 Metal fabricating | 1.2 | 0.0 | 1.2 | 0.6 | 0.6 |
| 21 Machinery | 1.3 | 0.0 | 1.3 | 0.4 | 0.4 |
| 22 Transportation equipment | 1.8 | 0.0 | 1.8 | 0.8 | 0.8 |
| 23 Electrical products | 1.2 | 0.0 | 1.2 | 0.7 | 0.7 |
| 24 Nonmetallic mineral products | 1.4 | 0.0 | 1.4 | 0.2 | 0.2 |
| 25 Petroleum and coal products | 2.6 | 0.0 | 2.6 | 0.1 | 0.1 |
| 26 Chemicals | 1.8 | 0.0 | 1.8 | 0.3 | 0.3 |
| 27 Miscellaneous manufacturing | 1.2 | 0.0 | 1.2 | 0.2 | 0.2 |
| 28 Construction | 1.4 | 0.0 | 1.4 | 2.1 | 2.1 |
| 29 Transportation and storage | 7.6 | 4.4 | 2.4 | 16.9 | 30.7 |
| 30 Communications | 6.9 | 4.6 | 1.8 | 5.1 | 11.6 |
| 31 Electric power and gas | 1.3 | 0.0 | 1.3 | 0.3 | 0.3 |
| 32 Wholesale trade | 7.1 | 5.0 | 1.6 | 14.0 | 26.8 |
| 33 Retail trade | 0.6 | 0.0 | 0.6 | 0.9 | 0.9 |
| 34 Finance, insurance, and real estate | 7.6 | 4.9 | 1.9 | 15.5 | 29.6 |
| 35 Education and health | 1.2 | 0.0 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| 36 Amusement and recreation | 1.0 | 0.0 | 1.0 | 0.1 | 0.1 |
| 37 Services to business | 6.9 | 5.2 | 1.2 | 10.7 | 21.6 |
| 38 Accommodation and food | 0.7 | 0.0 | 0.7 | 0.4 | 0.4 |
| 39 Other personal services | 0.4 | 0.0 | 0.4 | 0.5 | 0.5 |
| 40 International trade | 2.1 | 0.0 | 2.1 | 0.0 | 0.0 |
| Aggregate | 2.1 | 0.8 | 1.3 | 2.4 | 3.3 |

Source Based on data from Statistics Canada.

in direct labour coefficents only. The magnitudes of the industry output effects shown in column 4 for the nonstimulated industries depend on the outputs of these industries delivered as intermediate and capital replacement inputs to the five directly stimulated industries.

Two final remarks can now be made concerning this exercise. The aggregate results[4] (last row of Table 3-7) show that, even though the original technological stimulus enters only through the own effects component of the productivity growth rates of the original five industries, the aggregate own effects component of productivity growth accounts for less than 40 per cent (0.8 ÷ 2.1) of aggregate total labour productivity growth. Since this exercise does not embody any change in international terms of trade, we should expect the aggregate productivity growth rate of column 1 to approximate the traditional type of aggregate productivity growth rate (corrected for a

small change in the aggregate physical capital consumption ratio). The second remark means simply that the exercise shows the potential for generating a wide dispersion of industry total labour productivity growths stemming from technological advances in a limited number of "key" industries. This remark certainly requires further discussion, and this will be found in the context of industrial policy implications discussed in Chapter 6 (see especially the section on Canadian industrial policy).

There is one other application that conceivably could be tested with the available data base, which so far has not been done. We have emphasized in this chapter that the output effects component of productivity growth rates attached to each industry are somewhat fictitious (although still revealing), since an industry does not in reality "capture" the output effects transmitted to all other industries. One way to avoid this ambiguity is to decompose each of the columns pertaining to input effects in Tables 3-3, 3-4, 3-5, and 3-7 into 40 columns showing the distinct constituent parts, each of which would represent the input effects component of productivity growth stemming from one particular industry in our universe, that is, the industrial distribution of each industry's output effects in turn. In this case, with the suggested decomposition, the aggregation procedure of using final demand weights is well-defined (in contrast to the utilization of these weights on the somewhat fictitious output effects, as illustrated in the various tables).[5] Indeed, the well-defined aggregation of each of the 40 columns showing the decomposed contribution of input effects to growth rates would then yield a forty-fold decomposition of the aggregate input effects components of productivity growth rates already shown in the tables. The basic data essentially required to perform such an analysis for the time period 1961-76 are given in Table A-4. This type of analysis is most useful for tracing the indirect "contribution" of each industry to aggregate total labour productivity growth in the context of the alternative approach, since any industry's output effects contribute most to such aggregate growth when these effects bear on industries with large final demand weights. It therefore seems best to view output effects from a perspective of decomposed input effects, where the final demand orientation is not distorted. Some informal exercises along these lines are reported later in this study.

# 4 The Connection between Research and Development and Productivity Growth, 1966-76

This chapter has two main purposes. First, we try to show that industry productivity growth in Canadian industry, using the alternative approach measurements, can be "explained" by appropriate utilization of related variables. Second, because the key set of variables used in this connection involves Canadian research and development (R & D) expenditures, the exercise serves to further clarify the nature and significance of the I-O procedures, as applied to productivity analysis. Indeed, there are some distinct similarities between the correct treatment of labour input and R & D input within an I-O context. Again, results using the new alternative approach are compared with those yielded by the traditional method. One important implication of this chapter concerns the need for improved and more complete Canadian R & D data. This statistical policy implication is spelled out in the closing section of the chapter.

## Statistical Background

The basic idea of this chapter is to investigate and measure the relationship between productivity growth rates of Canadian manufacturing industries and their R & D input growth rates. This relationship has been investigated in various American studies – see, for example, the survey in Griliches (1979) – but there do not appear to be recent Canadian studies of substantive depth. General discussion of this issue leads one to believe that the relationship, for the Canadian case, is probably rather weak and indirect, since Canadian industries are not dependent on their "own" R & D and related expenditures (see McFetridge, 1977, pp. 73-74). Equally important is the fact that productivity growth can arise from operations other than R & D and, indeed, R & D itself is not primarily or necessarily directed towards raising industry productivity growth rates. Nevertheless, it is felt that the relationship, if any, in the Canadian case is worth investigating, particularly since we are now equipped with a new and alternative set of industry productivity growth rates.

The statistical results of the investigation, reported in the next section, pertain to 13 Canadian manufacturing industries (using the familiar numbering system of the listed industries): Food and beverages (no. 8), Rubber and plastics (no. 10), Textiles (no. 12), Wood products (no. 15), Paper and allied products (no. 17), Primary metals (no. 19), Metal fabricating (no. 20), Machinery (no. 21), Transportation equipment (no. 22), Electrical products (no. 23), Nonmetallic mineral products (no. 24), Petroleum and coal products (no. 25), and Chemicals (no. 26). These industries are directly responsible for about 75 per cent of the total R & D expenditures of the Canadian business sector. It is possible to develop reasonably "reliable" (see also the section on policy implications below) R & D input data for each of these industries. The investigation is mainly concerned with relating various productivity growth rates and R & D input growth rates for the 13 manufacturing industries over two medium-term subperiods – namely, 1966-71 and 1971-76. This yields a total of 26 observations; it is not possible to extend the investigation further back in time, because of statistical data limitations. Before continuing, it should be noted that all productivity growth rates used in this chapter are estimated on the basis of "man-hours worked" to measure labour input, rather than "man-years employed" (used in previous chapters). It is believed that the former measure is a more sensitive instrument for the particular purposes of this chapter, and reasonably reliable measures of it are available, since the investigation is essentially limited to manufacturing industries (see also Appendix B). All productivity data used in this chapter are given in Table 4-1, so it is possible to compare productivity growth rates based on the two different measures of labour input.

Two distinct types of R & D are included in the analysis: *intramural R & D and extramural R & D*. All intramural R & D expenditure activities, whatever the source of financing, are carried on within the reporting companies of the various manufacturing industries. (Over 80 per cent of Canadian intramural R & D

is financed by the Canadian business sector; the remainder comes mostly from the federal government, with minor contributions originating in provincial governments and outside Canada.) Extramural R & D refers to R & D activities performed outside the reporting company but paid for by the reporting company, that is, R & D services "contracted out." Total extramural R & D expenditures account for payments made both to other companies inside Canada and to companies outside Canada. For the 13 manufacturing industries, total intramural R & D is considerably (or, should we say, "officially") larger than total extramural R & D; the latter is worth about 25 per cent of the former over the relevant time period 1966-76. More is said about this comparison of the two types of R & D later in this chapter.

The investigation is certainly dependent on how observed industrial R & D expenditures are transformed into a measure of industrial R & D inputs. In this exercise, we follow a procedure recommended by Griliches (1979). In effect, R & D current price gross expenditures are transformed into a constant price R & D net stock variable by cumulating, with depreciation, past current expenditures on R & D for each industry covered. This involves the familiar perpetual inventory method (with depreciation), and all expenditures are deflated to constant 1971 prices to conform with the derived productivity measures. Viewing R & D input as a (net) stock is now the commonly accepted procedure in analogous investigations. Actually, the assumptions underlying our particular procedure are less restrictive than most, since we are only concerned with industrial R & D stock input growth rates defined over five-year intervals. Full details concerning statistical data sources and related manipulations required to construct the R & D net stock measures can be found in Appendix B. R & D net stock estimates are created for both intramural and extramural R & D.

There is one other point. The R & D input data utilized together with the new (I-O) approach to productivity growth rates actually embody R & D input estimates for all Canadian industries of the business sector, not just the 13 manufacturing industries (to be more accurate, only 27 of the 39 listed industries, excluding International trade, have direct R & D input, whether intramural or extramural). The reason for this is discussed in the next section, where the critical role of indirect R & D content is highlighted. Nevertheless, the statistical investigation (i.e., the multiple regression estimations of the next section) are restricted to the 13 manufacturing industries in order to minimize the impact of the poor quality of R & D data originating from (or, should we say, "allocated" to) the 14 (27 minus 13) non-manufacturing industries.

## Empirical Regression Results

Our first set of empirical results is based on the conventional kind of investigation into the relation between productivity growth and R & D input growth. Productivity growth is measured by the traditional type of labour productivity growth rates, as described in Chapter 2 and given in Table 2-5. Once more, it should be noted that the present analysis is directly concerned only with the 13 manufacturing industries during the subperiods 1966-71 and 1971-76 and that labour input is now measured in terms of "man-hours worked." The traditional labour productivity growth rates actually used in this analysis are listed in Table 4-1. R & D input growth rates of both kinds are simply measured on the basis of the growth rates of total R & D net stock (input) for each of the 13 manufacturing industries during the two subperiods. We also introduce two other variables into the analysis: one representing the rate of growth of the ratio between gross physical capital stock and labour input (to account for changes in the "capital intensity" of production), and another variable indicating the possible presence of economies of scale with respect to labour and physical capital productive factors. The latter variable is indicated by using the growth rate of labour input itself (this is the correct indicator when the simple, traditional measure of labour productivity growth, based on value-added, is deployed). Mathematically, one may suppose a simple Cobb-Douglas production function (appropriately normalized):

$$(4.1) \quad V = L^{\alpha} K^{\beta} R_1^{\delta} R_2^{\gamma} e^{\lambda t}$$

where $V$ represents real value-added, $L$ is labour input, $K$ is gross physical capital stock, $R_1$ represents net stock of intramural R & D input, $R_2$ is net stock of extramural R & D, and $\alpha$, $\beta$, $\delta$, $\gamma$, and $\lambda$ represent production function parameters. This is equivalent to:

$$(4.2) \quad (V/L) = (K/L)^{\beta} L^{\alpha+\beta-1} R_1^{\delta} R_2^{\gamma} e^{\lambda t}$$

so that economies of scale prevail with respect to $K$ and $L$ if $\alpha + \beta > 1$. Taking logarithms on both sides of the latter equation and differentiating with respect to time $t$ yields an expression:

$$(4.3) \quad (v/\ell) = \lambda + \delta r_1 + \gamma r_2 + \beta(k/\ell) + (\alpha + \beta - 1)(\ell)$$

where the new lower-case symbols now represent (or approximate) average annual growth rates (e.g., $(v/\ell)$ is the traditional labour productivity growth rate, $r_1$ is the growth rate of intramural R & D input, and $(k/\ell)$ is the "capital intensity" growth rate). This expression is used in a multiple regression analysis with $(v/\ell)$ as the dependent variable and with $r_1$, $r_2$, $(k/\ell)$, and $\ell$ as the four independent variables (there is also a pure constant representing "residual" technological change). In effect, we try to "explain" interindustry variations in medium-term labour productivity growth rates in terms of the four variables, with particular emphasis on the two R & D input variables.

The first set of empirical regression results is then:

$$(4.4)\quad (v/\ell) = \underset{(1.49)}{2.94} - \underset{(-1.37)}{0.20r_1} + \underset{(0.59)}{0.06r_2} + \underset{(0.91)}{0.36(k/\ell)} - \underset{(-0.29)}{0.29\ell} \qquad \bar{R}^2 = 0.16$$

where the numbers in parentheses below the coefficient estimates represent "$t$" ratios (coefficient estimates divided by standard errors). Clearly, based on the 26 observations, the regression results are weak and insignificant. The regression technique "explains" only about 16 per cent of productivity growth differentials, while the two R & D input variables lack statistical significance. We conclude, on the basis of this particular investigation, that there is no real evidence that those Canadian manufacturing industries experiencing higher-than-average labour productivity growth rates also tend to be the industries with above-average R & D input growth rates, and vice versa.[2] This result continues to hold true when labour input is measured by "man-years employed" and when the regression analysis is extended to all 27 Canadian industries that experience direct R & D inputs (i.e., with a total of 54 observations, although the R & D estimates of non-manufacturing industries are typically of poor quality).

The next set of empirical results is built upon the alternative approach to productivity measurements explained in previous chapters. To fix ideas, consider the construction of the total labour productivity levels for each industry. These productivity levels, or, reciprocally, the total labour requirements per unit of output, reflect not only the labour directly added by each industry concerned, but also the labour embodied indirectly through each industry's purchases of intermediate and physical capital replacement inputs (both domestically produced and imported). It should now be clear that similar industry calculations can be performed with respect to R & D, in which R & D input is treated in a manner somewhat analogous to labour input. This means that we can calculate, for each of the 13 Canadian manufacturing industries, the total (direct plus indirect) R & D input content embodied in each industry's unit product as delivered to final demand. (All we do is replace the direct labour

Table 4-1

Labour Productivity Growth Rates and Selected Components, 13 Manufacturing Industries, 1966-71 and 1971-76

| | 1966-71 | | | | 1971-76 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Traditional rate $(v/l)$ | Own effects component $(p_1)$ | Total rate $(p_2)$ | Total associated effects $(p_3)$ | Traditional rate $(v/l)$ | Own effects component $(p_1)$ | Total rate $(p_2)$ | Total associated effects $(p_3)$ |
| | (Per cent) | | | | | | | |
| 8 Food and beverages | 7.1 | 1.2 | 4.8 | 2.2 | 1.6 | 0.5 | 3.1 | 1.5 |
| 10 Rubber and plastics | 5.6 | 2.3 | 4.5 | 2.8 | 2.2 | 0.8 | 3.0 | 1.1 |
| 12 Textiles | 8.7 | 3.6 | 6.2 | 7.3 | 4.8 | 1.7 | 4.3 | 4.2 |
| 15 Wood products | 2.9 | 1.5 | 3.7 | 2.7 | 2.9 | 1.1 | 2.7 | 2.3 |
| 17 Paper and allied products | 2.6 | 0.8 | 3.0 | 3.9 | 0.6 | 0.5 | 2.0 | 3.1 |
| 19 Primary metals | 4.5 | 1.0 | 3.2 | 3.7 | -1.0 | -0.2 | 1.5 | 2.3 |
| 20 Metal fabricating | 3.7 | 1.5 | 3.4 | 3.4 | 1.8 | 0.9 | 2.3 | 3.2 |
| 21 Machinery | 1.6 | 0.8 | 2.5 | 1.6 | 2.1 | 1.1 | 3.0 | 2.1 |
| 22 Transportation equipment | 9.4 | 2.0 | 5.2 | 0.7 | 4.7 | 1.1 | 4.3 | 3.5 |
| 23 Electrical products | 5.1 | 1.8 | 4.1 | 3.0 | 5.0 | 2.0 | 4.1 | 5.0 |
| 24 Nonmetallic mineral products | 4.8 | 1.8 | 3.8 | 2.5 | 2.8 | 1.3 | 3.0 | 2.3 |
| 25 Petroleum and coal products | -3.2 | -0.2 | 2.2 | 0.0 | 5.7 | 0.3 | 3.3 | 0.6 |
| 26 Chemicals | 3.8 | 0.9 | 3.5 | 2.0 | 2.3 | 1.0 | 2.9 | 2.6 |

SOURCE Based on data from Statistics Canada.

coefficients in the basic transformation calculation of Chapter 2 with direct R & D coefficients – namely, the ratio of R & D net stock to total gross output for each industry.) Moreover, it is also possible to disentangle the direct R & D input content (per unit of output) from the indirect R & D content (per unit of output) for each industry concerned. Indeed, it turns out that this decomposition is simpler and better defined in the case of R & D input than in the previous case of labour input (where own effects and input effects are decomposed). The reasons why decomposition is simpler in the R & D case are rather technical, and are discussed at length in Appendix A.

Thus, for each manufacturing industry at each point in time, we estimate the direct R & D input content and, separately, the indirect R & D input content, and we do this for both intramural and extramural R & D. Note that the indirect R & D content (per unit of output) assigned to a particular manufacturing industry reflects R & D input originating not only in the other manufacturing industries, but also in all industries in the Canadian business sector having direct R & D content. So, in order to perform the above calculations, R & D input data are required and obtained for another 14 industries (27 minus 13), as mentioned in the previous section. The whole procedure, then, yields four distinct R & D input growth rates: 1/ direct intramural R & D input growth, 2/ indirect intramural R & D growth, 3/ direct extramural R & D growth, and 4/ indirect extramural R & D growth. These four growth rates are calculated for the subperiods 1966-71 and 1971-76, and are used in conjunction with the 13 manufacturing industries. All R & D content growth rates are now defined with respect to each industry's unit of output delivered to final demand. It should also be noted that the basic R & D expenditure data include the wages and salaries of R & D personnel. Thus, the various derived R & D input measures contain a potential element of "human capital" growth to the extent that R & D wages and salaries reflect "true" human capital.

Once more, it is possible to develop a multiple regression equation analogous to the one described earlier in this section. The basic equation attempts to explain productivity growth differentials between industries, as measured by the methodology of the alternative approach. We first experiment with the own effects component of the productivity growth rates derived through a decomposition procedure similar[3] to that outlined in Chapter 3 (again, labour input is measured in "man-hours worked"). It should be recalled that the contribution of own effects to productivity growth rates is a counterpart of the traditional measure of productivity in an industry, since both reflect technological changes within the given industry. Nevertheless, these technological changes may be ultimately affected through purchases of intermediate inputs. Thus, our first multiple regression equation becomes:

$$(4.5)\quad p_1 = \lambda + \delta_1 r_1 + \delta_2 r_2 + \delta_3 r_3 + \delta_4 r_4 + \beta_1 (k/g) + \beta_2 g$$

where $p_1$ represents the own effects component of the productivity growth rate; $r_1$, $r_2$, $r_3$, and $r_4$ are the four distinct R & D input growth rates given in the preceding paragraph; $(k/g)$ is the growth rate of the ratio of net physical capital stock to gross output (the counterpart of "capital intensity" in the new context, which includes physical capital replacement and depreciation as an intermediate input);[4] and $g$ is the growth rate of total gross output in an industry (the indicator of possible economies of scale in the new context). Now, based on 26 observations over the two medium-term subperiods, the first empirical regression result is:

$$(4.6)\quad p_1 = \underset{(0.37)}{0.63} - \underset{(-1.12)}{0.05 r_1} + \underset{(2.01)}{0.18 r_2} + \underset{(1.23)}{0.04 r_3} - \underset{(-3.58)}{0.26 r_4} + \underset{(0.58)}{0.05 (k/g)} + \underset{(1.80)}{0.18 g} \qquad \bar{R}^2 = 0.50$$

where, again, numbers in parentheses below coefficient estimates represent "$t$" ratios.

The above regression results show that, for both intramural and extramural R & D, the direct impacts (through $r_1$ and $r_3$) on productivity growth are small and statistically insignificant. There is no statistical evidence that an industry's own (direct) R & D input growth has a positive influence on the same industry's own effects component of its productivity growth rate (at least, on average for the 13 manufacturing industries). But the regression also shows that the indirect impacts of Canadian industrial R & D input growth are significant. With respect to intramural R & D input (variable $r_2$), there is statistical evidence that the indirect R & D content embodied in the outputs of particular manufacturing industries does raise the own effects component of the productivity growth rates of these industries. In other words, productivity growth is stimulated not by an industry's own direct R & D, but by the industry's purchases

and consumption of intermediate and physical capital (replacement) inputs, which themselves embody, directly and indirectly, growing amounts of intramural R & D inputs. Specifically, from the above regression result, we see (on average) that, for each percentage point increase in an industry's growth rate of indirect intramural R & D content, there is a 0.18 percentage point increase in the own effects component of the productivity growth rate for the same industry. For extramural R & D, on the other hand, the statistical evidence indicates a negative relationship between productivity growth and the growth of indirect extramural R & D content (variable $r_4$). The precise explanation for this "perverse" result is a mystery at present, but we do know that our industry estimates for extramural R & D input are qualitatively inferior to those for intramural R & D (see Appendix B and the discussion in the next section). It should also be noted that the productivity impacts of indirect extramural R & D are, in an important sense, "twice removed" from their industrial origin; this type of R & D is not only indirect, but also contracted out! Further investigation of this matter is clearly called for.

The results concerning the productivity impact of indirect R & D input, at least with respect to intramural R & D, should not be surprising. After all, there is evidence that most industrial R & D is oriented towards creating new and improved equipment and products sold externally, rather than towards the development of new production processes used internally by the industry that conducts the R & D (see Economic Council, 1983, and Scherer, 1982*a*). Thus, indirect R & D input growth probably reflects interindustry technology flows to a large extent. So long as the pricing of new products and equipment is not perfectly monopolistic, at least some of the benefit from the new materials and products developed in one industry can be ultimately passed on to buyers in other industries, and then reflected in the productivity growth rates of the purchasing industries. To test for a systematic bias of industry productivity growth rates stemming from mismeasurement of the price deflators for new products, we could check impact results using total labour productivity growth rates, which are largely invariant to such measurement errors. A definitive analysis of the subject matter, however, really calls for an industry-by-industry examination rather than the "on-average" analysis of this chapter.

In conclusion, then, we find that, by utilizing an alternative and perhaps more advanced treatment of productivity growth and R & D input growth, it is possible to discover new and significant relations between the two sets of variables. Indeed, the regression analysis just outlined "explains" 50 per cent ($\bar{R}^2 = 0.50$) of the differentials between the own effects components of productivity growth among industries.[5] Also, from Table 4-1, it is seen that nine of the 13 manufacturing industries experience slower productivity growth rates in the second subperiod, 1971-76, compared with the first subperiod, 1966-71. Thus, our statistical methodology goes some way towards "explaining" the Canadian productivity slowdown (in its initial stages). The above regression result should be considered the most important one of this chapter. The six independent variables in the regression are oriented towards utilization with the dependent variable representing the own effects component of productivity growth.

The empirical regression results can be checked by considering other productivity growth rates calculated with the alternative (I-O) approach. We perform a second regression experiment using the same set of six independent variables, and now introduce the total labour productivity growth rates ($p_2$) as the dependent variable. These productivity growth rates are well-defined and also possess a remarkable invariance property, as explained in Chapter 3. On the basis of 26 observations, the result is:

$$(4.7)\quad p_2 = \underset{(4.67)}{2.60} - \underset{(-0.94)}{0.05r_1} + \underset{(2.37)}{0.25r_2} + \underset{(0.46)}{0.02r_3} - \underset{(-3.70)}{0.33r_4} - \underset{(-1.20)}{0.12(k/g)} + \underset{(1.98)}{0.24g} \qquad \bar{R}^2 = 0.56$$

Clearly, the conclusions derived from the first regression experiment are confirmed *a fortiori*. Again, from Table 4-1, it is seen that 10 of the 13 manufacturing industries experienced lower total labour productivity growth rates during 1971-76 compared with the rates during 1966-71. So a substantial proportion of the Canadian manufacturing productivity slowdown, at least in terms of interindustry productivity growth differentials, is "explained" here.

A third and final regression experiment is based on the total associated effects productivity growth rates ($p_3$). It should be recalled that these growth rates represent a summation of the own effects and output effects components of the productivity growth rates (plus a small interaction effect). When $p_3$ is regressed on the original set of six independent variables, the results are:

$$(4.8)\quad p_3 = \underset{(4.49)}{4.08} - \underset{(-1.68)}{0.14r_1} + \underset{(1.64)}{0.29r_2} + \underset{(1.14)}{0.07r_3} - \underset{(-2.08)}{0.30r_4} - \underset{(-1.89)}{0.31(k/g)} - \underset{(-1.37)}{0.27g} \qquad \bar{R}^2 = 0.42$$

Again the conclusions regarding the four R & D input growth variables are confirmed, though the variable $r_1$ (direct intramural R & D input) comes close to statistical significance with a negative impact on productivity growth (the $r_1$ variable is significant at the 10 per cent level). The latter regression is also performed with a more sophisticated set of R & D input variables, reflecting the forward linkages component (i.e., the output effects component) of the productivity growth measure. Two R & D input variables are replaced by $r_1^*$ (the indirect "output" intramural R & D) and $r_3^*$ (the indirect "output" extramural R & D), both of which are discussed in Appendix A.[6] The regression results then become:

$$(4.9)\quad p_3 = \underset{(4.39)}{3.88} - \underset{(-1.81)}{0.14r_1^*} + \underset{(1.67)}{0.31r_2} + \underset{(0.99)}{0.06r_3^*} - \underset{(-2.17)}{0.33r_4} - \underset{(-1.85)}{0.31(k/g)} - \underset{(-1.22)}{0.21g} \qquad \bar{R}^2 = 0.43$$

which are very similar to those reported with the original set of four R & D input growth variables.

Finally, it might be added that the application and statistical testing of indirect R & D input growth variables in an exercise to determine the connection between productivity growth and R & D has now been done (to our knowledge) for the first time. Note that our indirect R & D impacts include all higher-order impacts, not just the "first-round" impacts. The need for an exercise that embodies all higher-order impacts has been emphasized by Griliches (1979). The results of this section should, nevertheless, be regarded with appropriate caution, since the essential R & D database is inadequate, for reasons spelled out in the next section.

## Statistical Policy Implications

Three statistical implications of the exercise regarding the connection between productivity growth and R & D should be mentioned, if only briefly. Two of the implications involve statistical policy issues.

First, there is probably a serious statistical aggregation problem in the exercise reported in this chapter. The problem essentially arises because the (intra-industry) distribution of R & D within the 13 manufacturing industries is sometimes radically different from the distribution of production within those same industries. This is illustrated by the case for Transportation equipment; most R & D within this industry comes from Aircraft and parts (or, more exactly, from Pratt & Whitney), but most of the production weight stems from Automobiles and parts. Similarly, we know that Electrical products is subject to a distribution problem; most R & D occurs in Communications equipment (actually, Bell Canada), but production is largely weighted elsewhere. Clearly, the "solution" to this particular problem is industrial disaggregation: it is better to examine the relation between R & D and productivity growth at a finer disaggregation level, with better "matching" of the two sets of data (see also Chapter 6 for further comments). But, unfortunately, simple disaggregation, even with available data, is not enough!

This leads to the second problem. Statistics Canada now publishes a wide array of industrial R & D expenditures data. These data, for the business sector, are all based on statistical reporting units at the company or enterprise level. Canadian business sector R & D is mainly concentrated within a relatively small number of large enterprises; in the year 1976, just 25 reporting firms accounted for over 50 per cent of total R & D expenditures. These firms tended to be large, multi-industry enterprises, and yet each of their R & D expenditures was completely assigned by Statistics Canada to one component industry (usually a three-digit manufacturing industry). For example, Bell Canada, the big "sugar daddy" of Canadian R & D, was assigned to Communications equipment manufacturers, even though much of Bell Canada operations occur in Communication services.[7] Similarly, Imperial Oil Ltd. has operations in extraction, refining, transportation, storage, wholesaling, retailing, and even real estate; yet all of Imperial Oil Ltd.'s R & D was officially assigned to Petroleum refining manufacturing. The situation is similar for other big Canadian R & D spenders such as Canadian General Electric, Shell Oil, Alcan, and CIL.

The problem here is that company-based R & D data are statistically incompatible with the establishment-based production and employment data that are typically utilized in productivity research studies. The I-O framework of this study is certainly establishment-based, and so the empirical results of this particular chapter become open to suspicion. This

problem is also faced by similar studies in other nations, but perhaps the Canadian "problem" is more severe because of the peculiar, concentrated nature of Canadian R & D.[8] Active steps have been taken in other countries, most notably the United States, towards constructing R & D expenditure data that are compatible with establishment-based productivity estimates. One method is the required disclosure of segmented financial statistics, including R & D data, by major multi-industry corporations. In this case, a company's R & D expenditures are allocated to the company's various lines of business; these business lines approximate reporting by establishment. A major American study of productivity and R & D growth has recently benefited from newly compatible data; see Scherer (1982*a*) and also Clark and Griliches (1982). It is, therefore, recommended that Canadian statistical authorities take the necessary steps towards resolving this problem, so that more meaningful Canadian productivity studies can be performed.

The third statistical implication pertains to the extramural R & D data used in this chapter (see also the data sources in Appendix B). The official Canadian statistics show that extramural R & D is small relative to intramural R & D. There is, however, reason to believe that the official figures are only "the tip of the iceberg," particularly with respect to extramural R & D performed (or "contracted out") outside Canada. The reason for this is Statistics Canada's failure to officially classify (outside) payments for royalties, patents, industrial designs, and technological transfers as (extramural) R & D. Similarly, there are a multitude of service payments outside the reporting firm, such as management fees and charges for professional and consulting services, that may be closely related to R & D, but which are not officially so classified. Clearly, these problems are compounded by the relatively high degree of foreign ownership in Canadian manufacturing industries. Our guess is that the "true" level of total extramural R & D in the Canadian business sector is much higher than that recognized officially, and so the growth rates constructed for the net stock input of extramural R & D may be biased in some unknown direction (the statistical bias of growth rates is not necessarily downward). In any event, it would be beneficial if Statistics Canada could provide a breakdown by industry of the payments and charges mentioned above that are not included in extramural R & D. It would be necessary to develop a consistent time-series of this industrial disaggregation, so that a perpetual inventory methodology could be applied to construct a (net) stock measure from observed expenditure data. Note, once again, that the basic data, even if made available, are based on company reporting systems. These data must be transformed onto an establishment approximation to be made compatible with productivity estimations.

# 5 An Anatomy of Productivity Stagnation, 1973-78

This chapter contains a rather detailed analysis of productivity growth using the most recent statistics available – namely, those for the period 1973-78. It is of considerable interest to analyse this period with our alternative approach calculations, since this period is one of aggregate productivity stagnation (i.e., aggregate Canadian productivity growth is close to zero). Once again, it is important to compare the results with those obtained using the simple, traditional productivity analysis. It is also revealing to explicitly trace some key characteristics of the development of the Canadian productivity slowdown over the entire 1961-78 period, using the alternative approach calculus. This chapter features some more advanced aspects of the alternative approach with respect to decomposition analysis. It is, therefore, particularly essential for the reader to become acquainted with Appendix A in order to understand this chapter. These advanced aspects lead naturally to certain potential policy implications, which are discussed in further detail in the next chapter.

## Some Statistical Considerations

This study was originally planned to cover the 1961-76 period, with appropriate subperiod analysis. However, during the final stages of the study, I-O statistical data for 1977 and 1978 became available, together with revised data for the earlier years back to 1971. Also at this time, there was, and still is, considerable interest in the Canadian (aggregate) productivity slowdown, which is only "captured" in its initial stages for the 1971-76 subperiod. In view of the limitations of I-O productivity analysis to time intervals of at least five years' duration (see the discussion in Chapter 2), it was therefore decided to add another chapter to this study covering the most recent five-year period, 1973-78. It should be noted that the present productivity analysis is based on revised I-O and labour data, and thus is not strictly comparable with the analysis of the earlier subperiod 1971-76, where unrevised data are deployed. Also, as stated in Chapter 2, most empirical productivity results of this study are obtained using both the "man-years employed" and the "man-hours worked" measures of labour input (even though most results are explicitly shown only for "man-years employed"). For the subperiod 1973-78, unfortunately, only the "man-years employed" measure is available for the productivity calculations. On the other hand, we are able to perform a somewhat deeper productivity analysis in this chapter compared with that in other chapters. A final statistical point is that relatively good research and development (R & D) data are now available up to the year 1978 and even beyond. It would be interesting to extend the R & D productivity growth analysis of Chapter 4 in order to encompass three subperiods – 1963-68, 1968-73, and 1973-78. This, again unfortunately, has not yet been done.

## Productivity Stagnation Results Compared

Table 5-1 displays the total labour productivity levels for each of the 40 industries (including International trade), in 1973 and 1978, using the alternative approach I-O calculations. The total labour productivity levels in the two years, then, determine the total labour productivity growth rates during 1973-78, which are also shown. This table is similar to Table 2-2 (see also the text discussion in Chapter 2 for the method of computation of productivity) but, as noted above, the productivity level results for the year 1976 (Table 2-2) are not strictly comparable with those for 1973 and 1978 in Table 5-1. This table is best examined in conjunction with Table 5-2, which shows the simple, traditional labour productivity levels and growth rates during 1973-78, using gross domestic product arising from each industry (i.e., real value-added) as the measure of output. The latter table is, then, similar but not strictly comparable with Table 2-3.

For present purposes, we restrict our attention to the industrial productivity growth rates of the two tables; in the next chapter, we reconsider the total labour productivity levels for the year 1978 in terms of industrial policy implications. It is evident that a general productivity growth stagnation is at hand, judging from the relatively[1] large number of negative

Table 5-1

(Input-Output) Total Labour Productivity Level and Average Annual Growth Rate, 40 Industries, 1973-78

| | Level | | Average growth rate 1973-78 |
|---|---|---|---|
| | 1973 | 1978 | |
| | (Dollars*) | | (Per cent) |
| 1 Agriculture | 6,991 | 6,981 | -0.0 |
| 2 Forestry | 11,720 | 11,675 | -0.1 |
| 3 Fishing and hunting | 6,057 | 6,790 | 2.3 |
| 4 Metal mines | 17,451 | 14,882 | -3.1 |
| 5 Mineral fuels | 21,777 | 14,805 | -7.4 |
| 6 Nonmetal mines | 15,233 | 13,747 | -2.0 |
| 7 Services to mining | 11,908 | 12,907 | 1.6 |
| 8 Food and beverages | 10,105 | 10,160 | 0.0 |
| 9 Tobacco products | 11,845 | 12,133 | 0.5 |
| 10 Rubber and plastics | 13,096 | 13,582 | 0.7 |
| 11 Leather products | 8,691 | 10,222 | 3.3 |
| 12 Textiles | 11,408 | 12,944 | 2.6 |
| 13 Knitting mills | 10,178 | 12,897 | 4.8 |
| 14 Clothing | 8,768 | 10,447 | 3.6 |
| 15 Wood products | 10,391 | 10,919 | 1.0 |
| 16 Furniture and fixtures | 10,612 | 10,703 | 0.2 |
| 17 Paper and allied products | 12,742 | 12,806 | 0.1 |
| 18 Printing and publishing | 12,086 | 13,369 | 2.0 |
| 19 Primary metals | 14,609 | 13,334 | -1.8 |
| 20 Metal fabricating | 13,058 | 12,826 | -0.4 |
| 21 Machinery | 12,901 | 14,300 | 2.1 |
| 22 Transportation equipment | 14,393 | 15,167 | 1.1 |
| 23 Electrical products | 13,150 | 14,185 | 1.5 |
| 24 Nonmetallic mineral products | 14,342 | 14,225 | -0.2 |
| 25 Petroleum and coal products | 15,685 | 14,058 | -2.2 |
| 26 Chemicals | 14,179 | 14,680 | 0.7 |
| 27 Miscellaneous manufacturing | 11,609 | 12,394 | 1.3 |
| 28 Construction | 12,969 | 12,638 | -0.5 |
| 29 Transportation and storage | 13,279 | 12,718 | -0.9 |
| 30 Communications | 11,077 | 15,169 | 6.5 |
| 31 Electric power and gas | 18,902 | 17,790 | -1.2 |
| 32 Wholesale trade | 12,412 | 12,019 | -0.6 |
| 33 Retail trade | 7,664 | 7,691 | 0.1 |
| 34 Finance, insurance, and real estate | 18,289 | 18,213 | -0.1 |
| 35 Education and health | 17,792 | 16,968 | -0.9 |
| 36 Amusement and recreation | 8,456 | 10,255 | 3.9 |
| 37 Services to business | 11,075 | 10,371 | -1.3 |
| 38 Accommodation and food | 8,201 | 8,425 | 0.5 |
| 39 Other personal services | 5,706 | 5,377 | -1.2 |
| 40 International trade | 13,813 | 13,711 | -0.1 |
| Aggregate | - | - | 0.3 |

*Constant 1971 dollars.
SOURCE Based on data from Statistics Canada.

industrial productivity growth rates in both Tables 5-1 and 5-2. However, there are also a significant number of positive and relatively large productivity growth rates during the 1973-78 period, as witnessed in the cases of Leather products (no. 11), Knitting mills (no. 13), Communications (no. 30), and Amusement and recreation (no. 36). Thus, productivity growth stagnation is certainly not uniform among industries, but seems concentrated mainly in the Mining industries (nos. 4, 5, and 6), and in the Petroleum and coal products (no. 25), the important Construction (no. 28), and the Transportation and storage (no. 29) industries. It is again apparent (as in Chapter 2) that the set of I-O productivity growth rates provides a rather different picture of productivity change, compared with the set of traditional productivity growth rates. The industrial elements of the former set are more similar to each other than are the industrial elements of the latter set; indeed, the traditional productivity growth rates feature some wide extremes. One reason for this phenomenon has already been explained in Chapter 2 and will not be

Table 5-2

Traditional Labour Productivity Level and Average Annual Growth Rate, 39 Industries, 1973-78

| | Level | | Average growth rate 1973-78 |
|---|---|---|---|
| | 1973 | 1978 | |
| | (Dollars*) | | (Per cent) |
| 1 Agriculture | 5,752 | 5,708 | -0.2 |
| 2 Forestry | 11,075 | 11,735 | 1.2 |
| 3 Fishing and hunting | 6,296 | 7,145 | 2.6 |
| 4 Metal mines | 29,432 | 21,757 | -5.9 |
| 5 Mineral fuels | 66,706 | 23,639 | -18.7 |
| 6 Nonmetal mines | 21,644 | 17,427 | -4.2 |
| 7 Services to mining | 13,615 | 15,778 | 3.0 |
| 8 Food and beverages | 12,912 | 13,702 | 1.2 |
| 9 Tobacco products | 18,918 | 21,800 | 2.9 |
| 10 Rubber and plastics | 13,558 | 14,492 | 1.3 |
| 11 Leather products | 6,288 | 8,478 | 6.2 |
| 12 Textiles | 10,668 | 13,465 | 4.8 |
| 13 Knitting mills | 8,444 | 13,154 | 9.3 |
| 14 Clothing | 6,309 | 8,452 | 6.0 |
| 15 Wood products | 8,702 | 9,923 | 2.7 |
| 16 Furniture and fixtures | 8,967 | 8,944 | -0.1 |
| 17 Paper and allied products | 15,040 | 15,367 | 0.4 |
| 18 Printing and publishing | 11,982 | 14,123 | 3.3 |
| 19 Primary metals | 16,295 | 14,992 | -1.7 |
| 20 Metal fabricating | 12,784 | 12,784 | -0.0 |
| 21 Machinery | 12,525 | 15,955 | 5.0 |
| 22 Transportation equipment | 17,328 | 21,048 | 4.0 |
| 23 Electrical products | 13,241 | 15,532 | 3.2 |
| 24 Nonmetallic mineral products | 16,377 | 16,695 | 0.4 |
| 25 Petroleum and coal products | 23,389 | 20,640 | -2.5 |
| 26 Chemicals | 17,710 | 20,207 | 2.7 |
| 27 Miscellaneous manufacturing | 10,279 | 11,621 | 2.5 |
| 28 Construction | 12,136 | 11,342 | -1.3 |
| 29 Transportation and storage | 14,649 | 13,496 | -1.6 |
| 30 Communications | 14,713 | 22,714 | 9.1 |
| 31 Electric power and gas | 40,004 | 36,978 | -1.6 |
| 32 Wholesale trade | 12,457 | 11,606 | -1.4 |
| 33 Retail trade | 6,499 | 6,438 | -0.2 |
| 34 Finance, insurance, and real estate | 18,480 | 18,596 | 0.1 |
| 35 Education and health | 21,818 | 20,778 | -1.0 |
| 46 Amusement and recreation | 6,701 | 9,433 | 7.1 |
| 37 Services to business | 10,961 | 10,272 | -1.3 |
| 38 Accommodation and food | 6,772 | 7,167 | 1.1 |
| 39 Other personal services | 4,387 | 4,166 | -1.0 |
| Aggregate | - | - | 0.3 |

*Constant 1971 dollars

SOURCE Based on data from Statistics Canada

repeated here (see the discussion of relative coefficients of variation in that chapter). However, we now also know that the total labour productivity growth rates of Table 5-1 possess a remarkable invariance property: each industrial productivity growth rate is independent of the errors in measurement of real output that might occur in any other industry or group of industries. The total labour productivity growth rate calculations are sensitive only to errors in measurement of output in their own industry, irrespective of the state of industrial interdependence (see the formal proof of this proposition in Appendix A). The simple, traditional labour productivity growth rates of Table 5-2, or indeed any of the traditional multi-factor productivity growth rates, do not possess this invariance property. This particular property is especially valuable during an inflationary period, such as 1973-78, when the possibilities of real output measurement errors are magnified, as discussed and illustrated in Clark (1982). The impact of inflation on industrial productivity growth is also considered in the next chapter.

Tables 5-1 and 5-2 both show aggregate productivity growth rates during 1973-78. As we know from Chapter 2, the aggregation of industrial productivity growths could yield different results according to the methodology used to measure the basic industrial productivity growths. It turns out that, for this particular time period, the aggregate productivity growths for the Canadian business sector are virtually identical (to the nearest decimal point) in the two tables – namely, an average annual growth rate equal to 0.3 per cent. Recalling the discussion in Chapter 2, during the period 1973-78, there was a small improvement in the Canadian international terms of trade (equal to about 2 per cent, based on the revised trade data); at the same time, the physical capital depreciation ratio also rose slightly. The two effects in this case are self-canceling in terms of aggregate productivity growth impact. However, it should be noted that the Canadian aggregate productivity slowdown has a somewhat different timing, when measured in terms of the alternative approach, compared with the traditional approach (Table 5-3). The two measures, though, do agree as to the magnitude of aggregate business sector productivity stagnation during the most recent time period.[2]

Table 5-3

Comparison of Two Measures of Average Annual Aggregate Labour Productivity Growth, 1966-71, 1971-76, and 1973-78

| | Alternative measure | Traditional measure |
|---|---|---|
| | (Per cent) | |
| 1966-71 average | 2.8 | 2.8 |
| 1971-76 average | 2.0 | 1.4 |
| 1973-78 average | 0.3 | 0.3 |

SOURCE Tables 2-4, 2-5, 5-1, and 5-2

## Decomposition of Productivity Stagnation

One advantage of the total labour productivity growth rates shown in Table 5-1 is that these estimates permit a decomposition into the components of productivity growth rates, each of which has a natural economic interpretation (see Chapter 3). Reference is now made to Table 5-4; this table is identical in meaning and structure to the set of Tables 3-3, 3-4, and 3-5 (especially Table 3-5, which refers to the subperiod 1971-76). For the purposes of the present chapter, however, we have added a modification to the decomposition analysis not used in Chapter 3. The modification arises from the presence of the International trade industry and from the fact that this pure exchange industry does not directly employ labour input. This introduces a slight ambiguity into the decomposition analysis of the own effects component of productivity growth (the total labour productivity growth analysis is entirely unaffected). Appendix A devotes a whole section to this problem and the suggested solution, to which the reader is referred. Therefore, we have produced an additional Table 5-5, which incorporates the modification refinement. It is possible to observe the impact of the refinement by simply comparing all productivity growth rates in Table 5-4 with their counterparts in Table 5-5. In almost all cases, the impact is very small; indeed, the output effects component of productivity growth rates for all 39 production industries remain unchanged (only the own effects and input effects components are changed, in opposite directions). Nevertheless, Table 5-5 is the more accurate representation of productivity growth decomposition, and we mostly restrict our attention to this table.

First, it is interesting to check whether those industries experiencing large negative productivity growth in Table 5-1 (i.e., using total labour productivity growth rates) continue to experience relatively large negative growth when examined on the basis of their own effects component of productivity growth rates. Using the first and second columns of Table 5-5, the check is confirmed for such industries as Metal mines (no. 4), Mineral fuels (no. 5), Services to business (no. 37), but not for Petroleum and coal products (no. 25). Similarly, most industries experiencing the highest positive productivity growth rates using the total measure (column 1) are also those with relatively high growths using the own effects measure (column 2); this is confirmed for Knitting mills (no. 13), Communications (no. 30), and Amusement and recreation (no. 36). However, it is more important to try to gain an overall impression of the phenomenon of productivity growth stagnation during the period 1973-78. In other words, we wish to know what is the main distinguishing feature of the Canadian productivity stagnation period, compared with other time periods. One way to accomplish this task is to examine the industrial aggregation of the decomposed productivity growth rates in Table 5-4 (last line), in comparison with their counterparts from previous time periods, as shown in Table 5-6. Although the own effects component of the aggregate productivity growth rate has fallen over the whole period 1961-78, the decrease is much more apparent, both absolutely and relatively, with respect to the Canadian input effects component of aggregate productivity growth.

Table 5-4

Decomposition of Total Labour Productivity Average Annual Growth Rate, 40 Industries, 1973-78

| | Total, 1973-78 average | Own effects component | Input effects component | Output effects component | Total associated effects |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | (Per cent) | | |
| 1 Agriculture | -0.0 | 0.5 | -0.5 | 0.1 | 0.6 |
| 2 Forestry | -0.1 | 0.1 | -0.2 | 0.8 | 0.9 |
| 3 Fishing and hunting | 2.3 | 2.4 | -0.0 | 0.1 | 2.5 |
| 4 Metal mines | -3.1 | -1.9 | -1.4 | 2.0 | -0.1 |
| 5 Mineral fuels | -7.4 | -5.1 | -3.2 | -2.1 | -6.6 |
| 6 Nonmetal mines | -2.0 | -1.4 | -0.7 | 0.1 | -1.3 |
| 7 Services to mining | 1.6 | 1.6 | 0.0 | -0.1 | 1.5 |
| 8 Food and beverages | 0.0 | 0.2 | -0.2 | 0.1 | 0.4 |
| 9 Tobacco products | 0.5 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.5 |
| 10 Rubber and plastics | 0.7 | 0.5 | 0.2 | 0.0 | 0.6 |
| 11 Leather products | 3.3 | 2.8 | 0.4 | 0.1 | 3.0 |
| 12 Textiles | 2.6 | 1.8 | 0.6 | 1.9 | 4.0 |
| 13 Knitting mills | 4.8 | 3.1 | 1.4 | 0.5 | 3.7 |
| 14 Clothing | 3.6 | 2.4 | 1.0 | 0.4 | 2.9 |
| 15 Wood products | 1.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 |
| 16 Furniture and fixtures | 0.2 | -0.0 | 0.2 | 0.1 | 0.1 |
| 17 Paper and allied products | 0.1 | 0.4 | -0.3 | 1.1 | 1.5 |
| 18 Printing and publishing | 2.0 | 1.9 | 0.1 | 0.8 | 2.8 |
| 19 Primary metals | -1.8 | -0.6 | -1.3 | -0.0 | -0.6 |
| 20 Metal fabricating | -0.4 | -0.1 | -0.3 | 0.2 | 0.1 |
| 21 Machinery | 2.1 | 1.7 | 0.3 | 0.6 | 2.4 |
| 22 Transportation equipment | 1.0 | 1.0 | 0.1 | 0.0 | 1.0 |
| 23 Electrical products | 1.5 | 1.4 | 0.1 | 1.1 | 2.5 |
| 24 Nonmetallic mineral products | -0.2 | 0.4 | -0.5 | 0.3 | 0.7 |
| 25 Petroleum and coal products | -2.2 | -0.9 | -1.3 | -0.4 | -1.3 |
| 26 Chemicals | 0.7 | 1.0 | -0.3 | 0.4 | 1.4 |
| 27 Miscellaneous manufacturing | 1.3 | 1.3 | 0.0 | 0.6 | 1.9 |
| 28 Construction | -0.5 | 0.1 | -0.6 | 1.0 | 1.1 |
| 29 Transportation and storage | -0.9 | -0.8 | -0.0 | -1.8 | -2.5 |
| 30 Communications | 6.5 | 5.5 | 0.7 | 2.2 | 8.7 |
| 31 Electric power and gas | -1.2 | -0.7 | -0.5 | -1.3 | -2.0 |
| 32 Wholesale trade | -0.6 | -0.6 | -0.0 | -1.9 | -2.4 |
| 33 Retail trade | 0.1 | -0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| 34 Finance, insurance, and real estate | -0.1 | 0.0 | -0.1 | -2.1 | -2.0 |
| 35 Education and health | -0.9 | -0.7 | -0.3 | -0.0 | -0.7 |
| 36 Amusement and recreation | 3.9 | 3.9 | 0.0 | 0.3 | 4.3 |
| 37 Services to business | -1.3 | -1.5 | 0.2 | -6.6 | -7.6 |
| 38 Accommodation and food | 0.5 | 0.7 | -0.1 | -0.1 | 0.5 |
| 39 Other personal services | -1.2 | -1.2 | -0.0 | -0.6 | -1.8 |
| 40 International trade | -0.1 | -0.1 | -0.0 | 0.0 | -0.1 |
| Aggregate | 0.3 | 0.4 | -0.1 | -0.1 | 0.2 |

SOURCE Based on data from Statistics Canada.

At this point, two factors should be recalled. First, the above two components of productivity growth represent a simple decomposition of total aggregate productivity growth, that is, the summation of the aggregate own effects components of productivity growth added to the aggregate input effects components approximates (allowing for a very small interaction effect component) the aggregate total labour productivity growth rate. The latter average annual growth rate equals 0.3 per cent for the period 1973-78. The second factor is that the input effects component of productivity growth, whether aggregate or industrially disaggregated, reflects economy-wide technological changes, which are sometimes difficult to identify and associate with particular industries. However, we do know that the simple total of "captured" input effects of all industries (before translation into productivity growth terms) equals the simple total of their "transmitted" output effects (also before translation into productivity growth language). Indeed, this has already been illustrated for the period 1961-76 in Table 3-2. (We do not specifically

Table 5-5

Modified Decomposition of Total Labour Productivity Average Annual Growth Rate, 40 Industries, 1973-78

| | Total, 1973-78 average | Own effects component | Input effects component | Output effects component | Total associated effects |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | (Per cent) | | |
| 1 Agriculture | -0.0 | 0.4 | -0.4 | 0.1 | 0.5 |
| 2 Forestry | -0.1 | 0.0 | -0.1 | 0.8 | 0.8 |
| 3 Fishing and hunting | 2.3 | 2.3 | 0.0 | 0.1 | 2.4 |
| 4 Metal mines | -3.1 | -2.0 | -1.3 | 2.0 | -0.2 |
| 5 Mineral fuels | -7.4 | -5.3 | -2.9 | -2.1 | -6.8 |
| 6 Nonmetal mines | -2.0 | -1.5 | -0.6 | 0.1 | -1.4 |
| 7 Services to mining | 1.6 | 1.6 | 0.0 | -0.1 | 1.5 |
| 8 Food and beverages | 0.0 | 0.2 | -0.2 | 0.1 | 0.4 |
| 9 Tobacco products | 0.5 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.5 |
| 10 Rubber and plastics | 0.7 | 0.5 | 0.2 | 0.0 | 0.5 |
| 11 Leather products | 3.3 | 2.7 | 0.5 | 0.1 | 2.9 |
| 12 Textiles | 2.6 | 1.9 | 0.6 | 1.9 | 4.1 |
| 13 Knitting mills | 4.8 | 3.3 | 1.3 | 0.5 | 3.9 |
| 14 Clothing | 3.6 | 2.4 | 1.0 | 0.4 | 2.9 |
| 15 Wood products | 1.0 | 0.9 | 0.1 | 0.0 | 0.9 |
| 16 Furniture and fixtures | 0.2 | -0.1 | 0.3 | 0.1 | -0.0 |
| 17 Paper and allied products | 0.1 | 0.3 | -0.2 | 1.1 | 1.4 |
| 18 Printing and publishing | 2.0 | 1.8 | 0.2 | 0.8 | 2.8 |
| 19 Primary metals | -1.8 | -0.8 | -1.1 | -0.0 | -0.8 |
| 20 Metal fabricating | -0.4 | -0.1 | -0.3 | 0.2 | 0.1 |
| 21 Machinery | 2.1 | 1.6 | 0.4 | 0.6 | 2.3 |
| 22 Transportation equipment | 1.0 | 0.9 | 0.2 | 0.0 | 0.9 |
| 23 Electrical products | 1.5 | 1.3 | 0.2 | 1.1 | 2.4 |
| 24 Nonmetallic mineral products | -0.2 | 0.3 | -0.5 | 0.3 | 0.6 |
| 25 Petroleum and coal products | -2.2 | 0.1 | -2.2 | -0.4 | -0.3 |
| 26 Chemicals | 0.7 | 0.9 | -0.2 | 0.4 | 1.3 |
| 27 Miscellaneous manufacturing | 1.3 | 1.1 | 0.2 | 0.6 | 1.7 |
| 28 Construction | -0.5 | -0.0 | -0.5 | 1.0 | 1.0 |
| 29 Transportation and storage | -0.9 | -0.8 | -0.0 | -1.8 | -2.5 |
| 30 Communications | 6.5 | 5.5 | 0.7 | 2.2 | 8.7 |
| 31 Electric power and gas | -1.2 | -0.8 | -0.4 | -1.3 | -2.1 |
| 32 Wholesale trade | -0.6 | -0.6 | -0.0 | -1.9 | -2.4 |
| 33 Retail trade | 0.1 | -0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| 34 Finance, insurance, and real estate | -0.1 | 0.0 | -0.1 | -2.1 | -2.0 |
| 35 Education and health | -0.9 | -0.8 | -0.2 | -0.0 | -0.8 |
| 36 Amusement and recreation | 3.9 | 3.9 | 0.0 | 0.3 | 4.3 |
| 37 Services to business | -1.3 | -1.5 | 0.2 | -6.6 | -7.6 |
| 38 Accommodation and food | 0.5 | 0.6 | -0.1 | -0.1 | 0.5 |
| 39 Other personal services | -1.2 | -1.2 | -0.0 | -0.6 | -1.8 |
| 40 International trade | -0.1 | -0.1 | -0.0 | 1.7 | 1.6 |
| Aggregate | 0.3 | 0.3 | -0.0 | 0.1 | 0.3 |

SOURCE Based on data from Statistics Canada.

illustrate this identity for the new period 1973-78, preferring to show all results in terms of productivity growth rates.) Now output effects, whether stated in terms of changes over time in labour requirements or transformed into output effects components of productivity growth rates, can be associated with particular industries. But such association requires special care, since output effects *per se* can be decomposed into two basic constituents, each of which has a different economic interpretation. The difficulties of analysing output effects and a suggested solution to this problem are explained at length in Appendix A. For present purposes, we proceed as follows.

We know that industrial and aggregate own effects components of productivity growth are largely dominated by reductions in the direct labour coefficients of industries. Generally speaking, such reductions continued to occur during 1973-78, but at a

somewhat diminished rate. The major difference between this period and the others appears as a shift, for many industries, towards greater consumption of intermediate inputs per unit of output. Note that purchases of intermediate inputs include physical capital replacement inputs, all of which may be domestically produced or imported. Also note that our methodology is able to translate any changes in intermediate inputs into a common denominator – labour! We know that augmented interindustry intermediate purchases will retard productivity growth unless balanced by larger reductions in direct labour coefficients, that is, intermediate inputs substitute for direct labour employed. Again, generally speaking, this required condition for maintaining productivity growth is not satisfied in the period 1973-78. Our analysis, however, permits us to be more specific by examining the particular industries whose outputs became the subject of increased consumption as intermediate inputs during the relevant time period. And such examination can proceed along lines naturally related to considerations of productivity, since all units of change in our analysis have the ultimate common denominator of labour input. The method for achieving this goal is to reconsider the industry output effects component of changes in labour requirements (described in Chapter 3) and, particularly, the two principal constituents of this component.

Table 5-6

Comparison of Average Annual Aggregate Measures of Two Industry Productivity Effects, 1961-66, 1966-71, 1971-76, and 1973-78

| | Own effects aggregate | Input effects aggregate |
|---|---|---|
| | (Per cent) | |
| 1961-66 average | 1.0 | 2.1 |
| 1966-71 average | 1.4 | 1.5 |
| 1971-76 average | 0.7 | 1.3 |
| 1973-78 average | 0.4 | -0.1 |

SOURCE Tables 3-3, 3-4, 3-5, and 5-4

Table 5-5 already includes a list by industry of output effects components of productivity growth rates (column 4). Many of these growth rates are negative, reflecting the "other side of the coin" displayed by the industrial input effects component of productivity growth rates (column 3). It is more revealing, though, to now consider Table 5-7, which provides a further decomposition of the output effects component of productivity growth rates. The first constituent (column 2) is the pure output effects contribution to the productivity growth rate. This is an unambiguous term that reflects both the direct and indirect intermediate coefficient consumption level of all industries with respect to the particular industries' outputs, weighted by the change in the particular industries' direct labour coefficients over the period 1973-78. Since almost all industries experienced a reduction in labour coefficients during the period, once this term is transformed into a corresponding productivity growth rate by the usual procedure (described in Chapter 3), the growth rates become positive. Thus, pure output effects in most cases present a positive contribution to economy-wide productivity growth. The remaining constituent shown in Table 5-7 (column 3) is the substitution output effects contribution to the productivity growth rate. This term is somewhat controversial, as explained in Appendix A. Ultimately, the term accounts for the changes over time in the importance of the respective industries' outputs as indirect intermediate consumption throughout the business sector; these changes are now weighted by the *level* of the industries' direct labour coefficients. Hence, when an industry's output is increasingly utilized for intermediate consumption purposes, the impact of this term, expressed in productivity growth language, becomes negative. The term "substitution" seems appropriate, since an increased intermediate consumption of a particular input (per unit of output) usually, but not necessarily, indicates substitution for some other input, including labour input. Now it seems clear that the substitution output effects components of productivity growth for many industries were negative during the period 1973-78. The positive contribution of the first constituent (column 2) is often (partly) cancelled by the negative contribution of the second constituent (column 3) in the case of some important industries. Thus, examining only the total output effects component of productivity growth (column 1) may often conceal more than it reveals. Indeed, the industries displaying large (in absolute values) negative productivity growth rates in the third column, through substitution of intermediate inputs, expressed in the common denominator of labour units, are precisely those industries that we can now identify (through association) with the distinguishing feature of productivity stagnation, which characterizes the 1973-78 period.

To show all this more specifically, consider Table 5-8, which displays the substitution output effects constituent measured by associated changes in labour requirements (i.e., before transformation into productivity growth language). All the changes are positive (as indicated by the plus sign), implying

Table 5-7

Decomposition of Output Effects Component Average Annual Growth Rate, 40 Industries, 1973-78

| | Total output effects | Pure output effects | Substitution output effects |
|---|---|---|---|
| | | (Per cent) | |
| 1 Agriculture | 0.1 | 1.2 | -1.0 |
| 2 Forestry | 0.8 | 0.1 | 0.7 |
| 3 Fishing and hunting | 0.1 | 0.2 | -0.1 |
| 4 Metal mines | 2.0 | -0.8 | 3.0 |
| 5 Mineral fuels | -2.1 | -3.0 | 1.1 |
| 6 Nonmetal mines | 0.1 | -0.2 | 0.3 |
| 7 Services to mining | -0.1 | 0.5 | -0.6 |
| 8 Food and beverages | 0.1 | 0.7 | -0.5 |
| 9 Tobacco products | 0.1 | 0.1 | -0.1 |
| 10 Rubber and plastics | 0.0 | 0.3 | -0.3 |
| 11 Leather products | 0.1 | 0.2 | -0.0 |
| 12 Textiles | 1.9 | 1.6 | 0.3 |
| 13 Knitting mills | 0.5 | 0.4 | -0.1 |
| 14 Clothing | 0.4 | 0.3 | 0.1 |
| 15 Wood products | 0.0 | 1.0 | -0.9 |
| 16 Furniture and fixtures | 0.1 | 0.0 | 0.1 |
| 17 Paper and allied products | 1.1 | 0.8 | 0.3 |
| 18 Printing and publishing | 0.8 | 1.2 | -0.3 |
| 19 Primary metals | -0.0 | -1.0 | 1.0 |
| 20 Metal fabricating | 0.2 | 0.0 | 0.2 |
| 21 Machinery | 0.6 | 1.7 | -0.9 |
| 22 Transportation equipment | 0.0 | 2.9 | -2.5 |
| 23 Electrical products | 1.1 | 1.2 | -0.1 |
| 24 Nonmetallic mineral products | 0.3 | 0.3 | 0.1 |
| 25 Petroleum and coal products | -0.4 | -0.2 | -0.1 |
| 26 Chemicals | 0.4 | 1.4 | -0.8 |
| 27 Miscellaneous manufacturing | 0.6 | 0.6 | 0.1 |
| 28 Construction | 1.0 | 1.1 | -0.0 |
| 29 Transportation and storage | -1.8 | -2.4 | 0.7 |
| 30 Communications | 2.2 | 5.1 | -2.2 |
| 31 Electric power and gas | -1.3 | -0.6 | -0.7 |
| 32 Wholesale trade | -1.9 | -0.7 | -1.2 |
| 33 Retail trade | 0.1 | 0.0 | 0.1 |
| 34 Finance, insurance, and real estate | -2.1 | 1.2 | -3.1 |
| 35 Education and health | -0.0 | 0.0 | -0.0 |
| 36 Amusement and recreation | 0.3 | 0.4 | -0.0 |
| 37 Services to business | -6.6 | -2.5 | -4.6 |
| 38 Accommodation and food | -0.1 | 0.3 | -0.3 |
| 39 Other personal services | -0.6 | -0.4 | -0.2 |
| 40 International trade | 1.7 | 0.0 | 1.7 |
| Aggregate | 0.05 | 0.42 | -0.33* |

*The aggregate substitution output effect growth rate would equal -0.38 per cent, if the international trade modification were excluded

SOURCE Based on data from Statistics Canada

negative impacts on economy-wide productivity growth from this particular source. The data in the first column come directly from Table A-3, while those in the second column underlie the productivity estimates in Table 5-7, (column 3). Since the first column covers a 15-year time period, we should expect *ceteris paribus* the magnitude of the particular output effects in this column to be at least three times the magnitude of the corresponding output effects in the second column. Indeed, the magnitudes in the first column may be even larger than this expectation, since the underlying weights of direct labour coefficient have typically fallen over the whole period 1961-78. Nevertheless, the figures in the second column, 1973-78, are generally of the same order of magnitude as those in the first column with reference to the four important intermediate output industries. We regard this result as one of the key characteristics of the productivity stagnation period: there is a dramatically increased industrial consumption of intermediate services contracted out (such as the four listed service inputs), but this phenomenon is not

balanced, generally speaking, by corresponding reductions in direct labour employed or by reduced consumption of other intermediate inputs.

Table 5-8

Associated Changes in Total Labour Requirements Contributed by Substitution Output Effects, in Man-Years per One Million Dollars* of Output, Four Industries, 1961-76 and 1973-78

| | 1961-76 | 1973-78 |
|---|---|---|
| 30 Communications | +11.6 | +10.3 |
| 32 Wholesale trade | +12.4 | + 4.7 |
| 34 Finance, insurance, and real estate | + 0.8 | + 9.1 |
| 37 Services to business | +30.3 | +23.6 |

*Constant 1971 dollars
SOURCE Tables 5-7 and A-3

How shall we explain this distinguishing phenomenon? Clearly, we need further disaggregation of the four listed intermediate service industries in order to be more precise. This is discussed in the next chapter. For the present, though, we leave the reader with the following thoughts. Has accelerating industrial computerization resulted in productivity losses during the "learning period" rather than in productivity gains, at least in the medium term? Also, lurking behind the scenes is the all-pervasive influence of inflation on productivity growth. An economy experiencing relatively high rates of inflation is characterized by increased financial transactions and by increased consumption of business accounting and consulting services, much of which is now computer-based.

To conclude this chapter, it should be stressed that there are other features of the Canadian productivity stagnation period that also deserve emphasis. For example, it is clear that Agriculture and the mining industries have experienced technological and natural resources changes that have led to a sharp productivity slowdown and stagnation in these particular sectors over the whole 1961-78 period. Some of these features are mentioned in the next chapter, where the orientation is more forward-looking.

# 6 Conclusion

The text of this study concentrates mainly on explaining the nature and significance of the new (alternative) approach to Canadian productivity analysis. It comprises many statistical tables illustrating the productivity estimates for various time periods. It also includes some exercises that can further clarify the nature of the alternative approach. It should be evident for many readers that this approach requires a deliberate reorientation of thinking about the notion of productivity, particularly for those who have worked with traditional productivity concepts for many years. It therefore seems important to separate the explanation of the new productivity measurements from the discussion of potential policy implications. Indeed, in this way, the reader who has followed the development has the opportunity to form his or her own interpretations for economic policy from the material available. Nevertheless, it is still beneficial to include in this conclusion some fairly specific guidelines concerning Canadian industrial and productivity policy implications. Most of this chapter is therefore devoted to collecting and outlining such guidelines. It contains also a recapitulation of the key properties of productivity measurement characterizing our new approach, together with a final section on suggested future research directions.

## Productivity Measurement Issues: A Recapitulation

The outstanding feature of the alternative approach is that all industrial productivity measurements are final demand-oriented, that is, productivity is measured with respect to deliveries to satisfy (final) consumption. This is in marked contrast to long-established, traditional productivity calculations, which are all industry-oriented, or simply production-oriented. Since, loosely speaking, total consumption in the economy equals total production in the economy, we should expect the two sets of productivity measures to coincide at the aggregate level. This condition is essentially satisfied, but the productivity measures disaggregated by industry can and do differ significantly.

The purpose of introducing an alternative approach, however, is not just to show that "different" measures are possible. Rather, it is argued in this study that the alternative approach yields productivity measures that possess highly desirable properties. On the other hand, there is no traditional productivity calculation that possesses all these properties. For example, one property, which we feel that a productivity measure should have, is an unambiguous definition of a productivity level at a point in time, as well as of productivity growth rates over time. Is this almost trivial property too much to ask for? We think not! Well-defined productivity levels are required to study interindustry shifts or changes in final demand composition. Disaggregated productivity levels are required to be consistent with well-known measures of a nation's standard of living. Yet the only traditional productivity measure capable of yielding unambiguous productivity levels among industries is the very simple one based on real value-added and labour employed. In this study, we show that the alternative approach creates a total labour productivity level for each and every industrial product delivered to satisfy final demand. This productivity measure accounts for physical capital replacement and all intermediate inputs, both domestically produced and imported, as well as labour; all nonlabour inputs are essentially transformed into their labour-embodied equivalents, so that all inputs have a common denominator – namely, labour. This is the feature that permits the calculation of well-defined productivity levels, as well as of productivity growth rates.

It is our impression that there also exists a certain uneasiness among economic statisticians regarding the meaning and validity of traditional multi-factor productivity growth rates. For example, does increased "capital intensity" of production necessarily raise productivity and, if so, in what particular sense? How can increased intermediate imports be brought into the traditional productivity calculus in a well-defined manner? Why do multi-factor productivity growth estimates for an industry simply aggregate all intermediate inputs or, perhaps, distinguish

just two or three subaggregates? The answers to these questions are not clear to us. We do know, however, that these issues raise no problems for the alternative (I-O) approach to productivity analysis. The trick again is to transform all industrial inputs, both primary and secondary, into their labour equivalents. For example, if the construction industry, a major producer of physical capital, is undergoing a productivity decline within the industry, there is no reason to assume that increased industrial "capital intensity" will raise economy-wide productivity in any well-defined sense. The alternative approach will immediately recognize such a situation. Similarly, our methodology introduces an International trade industry; the labour equivalent of intermediate imports ultimately is derived from the labour embodied in a nation's export industries (subject to an appropriate adjustment to change in the international terms of trade). The explicit incorporation of International trade in a productivity analysis is essential for a nation such as Canada. We find that the integrated presence of International trade in the analysis has a significant impact on the productivity levels and growth rates of individual industries, though the economy-wide aggregated impact could be small.

Another feature of the alternative approach concerns the statistical issue of errors in measurement of real output. We know that real output in many industries, particularly in service industries, is difficult to measure and even define, because of the lack of meaningful output price deflators. Each industrial productivity growth rate of the traditional type is sensitive to such measurement errors occurring in any other industry as well as in its own industry. This means, for example, that even well-established manufacturing productivity growth rates are subject to some unknown measurement errors due to the industries' intermediate purchases of various service commodities; the latter real inputs are probably mismeasured over time. This could be a serious problem in statistical exercises designed to "explain" productivity growth or even simply to "observe" the industrial extent and intensity of a supposed aggregate productivity slowdown. The alternative approach methodology is not subject to this statistical measurement problem. Indeed, it is a most remarkable property of our total labour productivity growth rates' that the estimated growth rate of an individual industry is sensitive only to possible errors in measurement of its own real output; such measurement errors occurring anywhere else in the business sector do not affect the calculation of the individual industry's productivity growth, irrespective of industrial interdependence. This means, for example, that we have considerable confidence in the statistical accuracy of our estimated productivity growth rates for the manufacturing sector, which use the total labour productivity methodology (see applications in Chapters 3, 4, and 5). The methodology has a built-in self-correcting feature with respect to measurement error.

There is one other issue regarding productivity measurement that should now be mentioned. (The nontechnical reader may wish to skip this paragraph without loss of continuity.) It will be noted that the alternative approach is based almost entirely on statistical data derived from input-output tables and the closely related national accounts. This, by itself, is not peculiar, since traditionally measured productivity also utilizes and, in fact, simply aggregates (as intermediate inputs) the same collection of data for calculation purposes (at least, this is true for the Canadian statistical system). However, there are other, more sophisticated productivity measurements that also embody some theoretical assumptions, such as industrial profit maximization or industrial cost minimization. Utilization of such assumptions can lead to supposedly "sharper" and more profound productivity estimates. These assumptions play no role in our alternative approach, which is essentially accounting based and statistically based. It is our view that the validity of theoretical assumptions in applied statistical research must depend on the nature of the mechanism actually generating the available statistical data. In Canada, all industrial productivity research, particularly with economy-wide coverage of the business sector, is based on the same collection of highly processed and manipulated data, which in no meaningful way can claim to be generated by an economic mechanism satisfying either of the above-mentioned assumptions. Very briefly, there are two conflicting statistical problems. First, if the productivity levels of individual industries are measured at a crude industrial level (say, the two-digit level), then there exists a classical aggregation problem: nonlinear theoretical assumptions cannot match the simple, additive observed data for heterogenous aggregations of industries. Second, if the productivity levels of individual industries are measured at a fine industrial level (say, the four-digit level), then the units of observation may be sufficiently homogenous, but the units then largely represent "bits and pieces" of industrial firms (e.g., plants, establishments, ancillary units, headquarters, and so on). It would appear that the classical aggregation problem is now resolved. This is, however, an illusion, since the individual units in one industry are often linked by ties of firm ownership and control to individual units in other industries (the data are typically dominated by large multi-industry, multi-establishment firms or enterprises). While the firms may be profit maximizers or cost minimizers, there is

no necessary reason to assume that the same assumptions hold for their observed individual component units (the problem of joint management and service costs, intrafirm transfer pricing arrangements, and so on). In any event, the basic available statistical data are subject to a series of adjustments and conventions carried out by the statistical authorities. Such processing and manipulation effectively preclude the validity of the suppositions used in economic theory.[2] Therefore, it is in a spirit free of theoretical assumptions that the present alternative approach to productivity analysis is performed.

## Productivity Growth "Explanation"

Does the alternative approach to productivity measurement "explain" productivity growth? The answer to this question is no, and neither does any other productivity measurement! All we can really hope for is that the particular productivity measurement possesses reasonable and desirable properties (as mentioned earlier) and that the measurement technique conveys at least a potential for "explaining" the productivity growth process. At the same time, of course, a great deal depends on what precisely one means by the term "explanation." For example, traditional multi-factor industrial productivity studies often "explain" labour productivity growth by showing variables accounting for changes in capital intensity, energy intensity, intensity of other intermediate inputs, and so on. In the alternative approach of our study, all these variables have already been transformed into their labour-embodied equivalents. There is only one way in which true productivity can change, because all productivity changes ultimately become either labour-saving devices (productivity advances), or labour-dissaving devices (productivity regresses). We will show, however, later in this chapter, that this idea can be pushed even further; the particular technique used in this study for embodying the labour equivalents is not "sacred."

There is, nevertheless, a qualified sense in which Canadian productivity growth is "explained" in this study. This qualification arises in the productivity decomposition analysis of Chapters 3 and 5. Our basic calculation of industrial productivity growth is the total labour productivity growth rate, described at length in Chapter 2. This growth calculation involves changes in the total (direct and indirect) labour required by the Canadian economy to deliver one unit of a particular industry's product to satisfy final demand consumption. Since all industries in an economy are, to some extent, responsible for the total labour required, the measure by itself is not particularly revealing until we can trace the productivity change back to technological changes in the individual industries. Before continuing, two points should be made. When we say "not particularly revealing," this phrase is strictly with respect to so-called productivity growth "explanation." It will be shown later in this chapter that productivity growth "explanation" is not the only game in town! The second point is to clearly distinguish between productivity change and technological change. As used in this study, productivity change is a derived concept; there are various methods for measuring productivity change, and a good deal depends on their orientation. We favour a final demand orientation with labour as the ultimate sole primary factor (this is also discussed later). On the other hand, technological change is a primitive concept: it refers to any change in an industry's direct labour coefficient or set of intermediate input (including physical capital) coefficients, whether domestically produced or imported.

To return, therefore, to the main issue, this study does offer an "explanation" of productivity growth in an industry in the following sense: each industry's total labour productivity growth rate, over a particular time period, is decomposed into an (industry) own effects component and an (intermediate) input effects component of the productivity growth rate. The two components of the growth rate have distinct meanings and a natural economic interpretation in our context (see Chapter 3). Each component of the growth rate can itself be decomposed into at least two subcomponents, and each subcomponent is easy to identify with particular types of technological changes in each industry and in all industries. Indeed, one may go even further and examine the composition of the input effects component of the productivity growth rate "captured" by a particular industry's total labour productivity growth disaggregated by industry. Such examination involves consideration of the output effects associated with an industry, which themselves can be decomposed into various subterms, each with clear identifications regarding the technological change involved. A procedure of this nature is used in Chapter 5 in an attempt to identify some distinguishing characteristics of the Canadian aggregate productivity growth stagnation period, 1973-78. Whether or not this procedure can be called a productivity growth "explanation" is a philosophical point that we prefer not to debate.

The alternative approach to productivity growth analysis also creates an opportunity to "explain" productivity growth in a more conventional sense. This is illustrated at length in the research and development (R & D) exercise in Chapter 4. For many

years, it has been the accepted wisdom that Canadian industrial R & D and Canadian industrial productivity growth are not directly related. This acceptance seems reasonable at the level of individual industries (see Economic Council, 1980, pp. 97-98). But in view of the importance attached to R & D in the economic literature describing technological change, it would seem advisable to probe more deeply for any significant relationship that may exist in the Canadian case. Indeed, the most recent active literature on the subject (see Scherer, 1982*a*, p. 226) stresses the critical distinction between the industrial origin of R & D and the industrial destination of R & D:

> Invention then flowed through a kind of input-output matrix from knowledge-rich originating industries to high-demand using industries.

Without repeating the content of Chapter 4, it is clear that the alternative (I-O) approach to industrial productivity growth and R & D change is a natural vehicle for tracing the impacts of direct and indirect technology flows between industries throughout the Canadian economy. Our empirical results concerning the connection between productivity growth and R & D growth are somewhat disappointing, probably as a result of the present poor quality of the Canadian R & D statistical data. But, for the first time, the results do show that Canadian intramural R & D expenditures can have a significant positive impact on Canadian industrial productivity growth (appropriately measured). The trick is to expose and capture all of the R & D technology flows that may, directly or indirectly, stimulate productivity growth. Since our measures of productivity growth are all-embracing in the sense that "all" inputs are accounted for in terms of their ultimate labour cost equivalents, it is a meaningful discovery to learn that R & D inputs still retain a significant impact over and above the "double counting" problem (see the discussion in Schankerman, 1981). In fact, our R & D experiments show the key importance of considering physical capital input as an intermediate commodity input. This result itself should not be surprising since, for many years, the theoretical literature has considered new physical capital investment as the prime embodiment of new technology and associated productivity advance. This "conjecture" is now confirmed by our empirical efforts using Canadian data. Our feeling, though, is that we have merely identified the tip of the iceberg and that improvements in both R & D statistical data and the basic methodology (see next sections) will reveal much more. In the meantime, for purposes of Canadian economic policy guidelines, it would seem beneficial to conclude that expenditures by Canadian industries for R & D can have a significant positive impact on productivity growth in Canadian industry; but the precise mechanism by which this occurs can be, and probably is, very indirect. In order to achieve significant results, any further work in this area in Canada must be especially sensitive to the full interindustry matrix portraying the flow of R & D technology.

Before turning to questions of Canadian industrial policy and related matters, there is one more point that should be clarified. It may surprise the reader to know that this point concerns an explicit limitation of the alternative approach to productivity calculus. The methodology of this study does not account for nor incorporate any estimation of what is known as "spillover effects." Although the term "spillover effects" can have various meanings, in the productivity context, the term refers to a situation whereby technological change within a particular industry has nonmarket external effects on technological change in another industry (see the discussion in Griliches, 1979). This phenomenon may well be important, but is very difficult to measure. A careful reading of the alternative approach to productivity measurement should reveal that all measurements are with respect to observed market (price) transactions or imputed market transactions (according to certain statistical conventions). More specifically, and with reference to the developments in Chapter 3, an industry's own effects component of the productivity growth rate, reflecting changes in its own set of technological coefficients, is not altered by technological changes occurring in any other industries by means of any nonmarket externalities. Thus, we prefer not to consider any of the interindustry impacts of R & D on productivity growth mentioned in the preceding paragraph as industrial spillover effects.

## Canadian Industrial Policy and All That

Contrary to traditional presuppositions, "explaining" productivity growth is not the only productivity game in town. The alternative approach to productivity analysis opens up some new economic possibilities that traditional methods cannot handle. In this section, we discuss this new potential under the general heading of "industrial policy," for lack of a better word.

It is mentioned in Chapter 1 that the alternative approach defines an interpretation of productivity trends and analysis based more on economic welfare, compared with standard measures. The reason for this should now be clear: the basic productivity results are all with respect to industrial production and deliveries to satisfy final demand consumption. Raising industrial productivities with reference to final consumption should be the ultimate economic

welfare objective of any Canadian industrial productivity policy (this point is further developed below). Now it is true that any technological changes that are ultimately reflected in productivity growth must originate within an industry. This, presumably, has been the prime motivation for the long-established tradition of industry-oriented productivity studies. But these studies, we shall see, are self-limiting in an important sense. For example, suppose we wish to increase total labour productivity growth with respect to final consumption of domestically produced food and beverages. Food consumption is an important component of final demand, and receives a correspondingly large weight in the consumer price index; consumer price inflation will be significantly affected by (all-embracing) total labour productivity change with respect to the final consumption of domestically produced food and beverages (this is also further developed later). The standard recommendation in this case, based on industry-oriented productivity analysis, would then be that technological changes and productivity advances should be stimulated in Canada's Food and beverage industry. The alternative approach, based on final demand-oriented productivity analysis, recognizes that this recommendation is only one possibility. We may equally well concentrate on technological changes and productivity improvements in Agriculture or in Transportation and storage. Why? Because we know, from an analysis of input-output effects, that both of these industries have a large potential for contributing favourably to total labour productivity growth with respect to final consumption of Food and beverage commodities. In fact, our 1961-76 productivity analysis shows that Agriculture alone was primarily responsible for the total labour productivity growth rate (3.9 per cent) experienced by Food and beverages during this period (see Table 3-1 and particularly Table A-4). Indeed, the subperiod analysis of Chapter 3 in Tables 3-3, 3-4, and 3-5 shows that this particular source of productivity gain has now largely dried up, and Canada must look elsewhere for such productivity advances in the future (see also the Tables 5-1 to 5-8 covering the most recently observed period, 1973-78).

Thus, the alternative economic welfare approach to productivity permits us to evaluate a range of possible options to attain a given productivity objective. We do not claim that this is the first study to show that technological advances in Agriculture can help keep down consumer prices for food and beverages! Our emphasis here is to spell out and quantify the precise nature of such industrial interdependence in a framework for productivity analysis. It is now possible to see why industries dealing in intermediate commodities (i.e., industries that deliver most of their output to intermediate demand) can have a special status in this study. Consider first an industry whose characteristic product is almost completely delivered to final demand (i.e., a final goods industry). This industry's technological change can only affect productivity levels with respect to its own particular product. On the other hand, an industry whose characteristic product is completely delivered to intermediate demand cannot change the productivity level of its own product as delivered to final demand, because such deliveries do not exist! In this case, technological advances within this intermediate goods industry show up, in our calculations, as indirectly raising productivity levels in final demand components that are characteristic of other industries (i.e., industries to which the intermediate good is directly or indirectly delivered as an industrial input). But does all this make intermediate goods industries "special" from an economic welfare viewpoint? We think it does, as the example in the preceding paragraph shows. More generally, the situation can be described as follows.

Suppose we are interested in raising economic welfare. In a productivity context, suppose further that this involves raising productivity levels with respect to each and every important final demand component (the important components in Canada are given below in Tables 6-2 and 6-3). In essence, we might call this a balanced productivity growth path with a final demand viewpoint.[3] Then the existence of intermediate goods industries presents us with a set of options for reaching this goal. For example, if all industries were completely integrated vertically, there would be no choice: to reach the stated goal, we must raise productivity levels within each and every important industry without exception. But we know that technological advances within any important intermediate goods industry can raise productivity over a wide range of industrial deliveries to final demand. In fact, this phenomenon of dispersion of productivity growth is demonstrated at length in Chapter 3 (see particularly Table 3-7). Thus, the existence of important intermediate goods industries and the possibility of stimulating technological advances within any of these industries create the opportunity to bypass technological change bottlenecks that may occur within important final goods industries. (This latter statement holds so long as the final goods industries are not vertically integrated, a condition that certainly holds for all business sector industries in this study.) The trick, again, is to always focus on industrial productivity growth with respect to final consumption – our economic welfare objective. Traditional analysis of productivity growth, aside from the measurement issues discussed in the first section of this chapter, makes the mistake of always focusing

on the means (production-oriented analysis) rather than the ends (consumption-oriented analysis). In the process of making this distortion, the "means" become identified with the "ends," leaving us all in a veritable strait jacket! In this study, the alternative approach to productivity focuses directly on the "ends" (economic welfare objective as defined) with the result that the "means" become much more flexible.

With this background, we can now briefly outline some Canadian industrial policy guidelines that stem from the time-series analysis. It appears to us that the study reveals a rather special historical role for two Canadian industries – namely, Agriculture (no. 1) and Transportation and storage (no. 29). Both of these industries deliver most of their commodity output to intermediate demand, and both have experienced significant technological advances during the 1961-76 period (especially 1961-71). The result is that the intermediate output (productivity) effects associated with the two industries have been remarkably large and have dominated those of all other industries (see a more detailed account in Chapter 3 and the decomposition of industry output effects in Table A-3). Most important, the two industries have strong forward linkages with the major components of final demand (see Table 6-2 and also the complete matrix of input-output effects in Table A-4). For our economic welfare purposes, all this means that the two Canadian industries have succeeded in maintaining a reasonably balanced productivity growth with respect to important final demand components during the historical time period.[4] At least, this was the situation until the early 1970s. The productivity analysis of Chapter 5, for the most recent period observed, 1973-78, clearly shows that the honeymoon is over (see especially Tables 5-5 and 5-7). Whether or not technological advances in Agriculture and Transportation and storage can be revived at a pace similar to that during the historical period is a question that we are not prepared to answer. There is, however, concrete evidence that the two industries have become relatively less important in terms of the magnitude of their forward linkages to the key ultimate components of final consumption. Therefore, if Canada is interested in restoring a reasonably balanced productivity growth path with reference to final consumption, it seems advisable to look elsewhere. In effect, we are seeking an alternative to the standard recommendation: Canada must "learn" to increase productivity growth in (all or most) important industries, even though (some of) these industries may be characterized by technological bottlenecks.

Judging from the projection exercise in Chapter 3 (Table 3-7) and particularly the analysis in the last section of Chapter 5 (Table 5-7), it appears to us that there are three Canadian industries that have a potential in the future for playing a role in raising productivity, as did Agriculture and Transportation and storage during the historical period. One of these industries – namely, Communications (no. 30) – is already stimulating balanced productivity growth. All indications are that Communications is a rapidly growing intermediate service industry, having significant technological advances and contributing corresponding productivity growth to all important components of final consumption. For a more precise analysis, we really need a finer disaggregation of the industries within communications; this will be forthcoming in the new Canadian 1980 Standard Industrial Classification (SIC). The case for the other two industries – namely, Finance, insurance, and real estate (no. 34) and Services to business (no. 37) – is not as strong. In fact, at the present time, their net official contribution to Canadian aggregate productivity growth is actually negative. Nevertheless, the potential for stimulating balanced productivity growth with respect to final consumption certainly exists. Many important Canadian industries (of all types) are now contracting out their financial and other business services, which were formerly performed in-house. In an era of relatively high rates of inflation, there is also an additional (production) requirement for such intermediate services (discussed again in the next section). Since both the substitution and secular trends in this direction are already clear, the pay-off from technological advances in these two industries becomes exceptionally large in terms of the objective for balanced productivity growth. Once again, more precise guidelines really call for a finer disaggregation of industries, particularly with respect to such components of Services to business as Computer software services and Computer rental equipment services. One might then examine the hypothesis put forward by the Organisation for Economic Co-operation and Development (1981) that accelerated industrial computerization may, in its initial stages, lead to declines in aggregate productivity growth. The OECD report argues that this phenomenon, wherein computerization is at first more "addition" than "substitution," is found in Canada as well as in many other industrial nations. However, this characteristic initial stage may be over as of 1982, and associated productivity growth can be expected to be restored in the future.

There are other general guidelines for industrial policy that can be inferred from the analysis. Some of these are closely related to suggested directions for future research, and so are best discussed in the next section.

## Future Research Directions

There are various directions towards which future productivity research, along the lines of the alternative approach, can proceed. In outlining some of these directions, it should be made clear that this study is not merely a prelude to further research. We believe our present results are sufficiently concrete and economically meaningful to stand on their own. It is true, nevertheless, that the empirical results can be improved and refined in various ways. The following outline of suggested refinements is kept deliberately brief.

The first direction concerns a point made earlier in this chapter, which stresses that our new approach to productivity is "all-embracing." All industrial inputs are transformed into a common denominator – their labour-embodied equivalents – so that we may unambiguously refer to positive productivity growth as ultimately the result of labour-saving technological change. This statement is certainly the goal of our approach, but the goal has not been reached by the productivity estimates given so far in this study. The main discrepancy arises in our treatment of physical capital input; only input involving physical capital replacement (depreciation) has been correctly accounted for. There remains the industries' net physical capital stocks in place and their associated capital services. (This is precisely why a variable for the growth rate of net physical capital stock is included in the R & D regression equations of Chapter 4.) It turns out, however, that the contribution of this input can also be translated into a labour-embodied equivalent, given the necessary statistical data. The trick is to regard the production contribution of gross physical capital stock as consisting of two elements: 1/ depreciation and replacement expenditures, and 2/ interest (debt capital) and dividend (equity capital) payments from the operating surplus on the production account. The two elements together would represent the gross rental (opportunity) cost of physical capital stock, if it were rented.[5] The first element has already been embodied in our productivity calculations. The second element can also be embodied (and, therefore, transformed into a labour cost equivalent) by using a technique similar, but not identical, to that used for the first element. This technique implicitly gives most of the weight in the second element to the construction component of physical capital, whereas it gives most of the (labour cost equivalent) weight in the first element to the machinery and equipment components. Our suggested methodology for handling this problem is given in the final section of Appendix A.

It should be noted that the idea of considering physical capital input as, ultimately, a produced intermediate commodity input, rather than as an "original" primary input, is often associated with the name of Sir Roy Harrod. In our view, this idea is of considerable importance in avoiding the confusion over neoclassical assumptions concerning productivity, whereby physical capital input is considered primary; see also the discussion in Peterson (1979) and Rymes (1982). In fact, an integrated approach to national accounting, which was suggested very recently, calls for a symmetrical treatment of physical capital rental and physical capital interest payments as intermediate purchases in business sector production accounts; see Ruggles and Ruggles (1982). This is similar in spirit to our extended methodology, although further adjustments will be required, in future research, to make our methodology consistent with national accounting constraints.

Table 6-1 contains estimates of productivity levels and growth rates by industry for 1973-78, calculated using total labour productivity, but now with the additional feature explained in the preceding paragraph. The calculations in this table should be compared with those in Table 5-1. Clearly, all total labour productivity levels for each industry in the new table are lower than the corresponding levels in Table 5-1, since the new calculations embody an additional labour cost equivalent for each industry's deliveries to final demand. Two industries – Communications (no. 30) and Electric power and gas (no. 31) – are most affected; the impacts of the additional labour costs are not industrially uniform. The productivity growth rate estimates, however, are only slightly affected. The results in Table 6-1 should be regarded as experimental, since the statistical data base available at present for such calculations is incomplete (see statistical assumptions in Appendix A). Therefore, this is a first direction for future research. It is hoped that more complete data, including inventory stock matrix data, will soon be available to perform calculations of the type shown in Table 6-1 at regular intervals.[6]

A second direction concerns the relative magnitudes of final demand components among industries. The importance of this subject is evident from the defined economic welfare objective of the alternative approach. Moreover, as indicated and proved in Chapter 2, aggregate (business sector) productivity levels and growth rates are correctly formed by using the final demand component weights to aggregate the productivity levels disaggregated by industry. It may, therefore, be of some interest to explicitly show these weights, and this is done in Table 6-2 for the two comparable years, 1961 and 1976. At first glance, these final demand weights may look rather strange, if not peculiar. We must, however, recall what is actually included in this study's final demand:

Table 6-1

Extended Total Labour Productivity Level and Average Annual Growth Rate, 40 Industries, 1973-78

| | Level | | Average growth rate 1973-78 |
|---|---|---|---|
| | 1973 | 1978 | |
| | (Dollars*) | | (Per cent) |
| 1 Agriculture | 6,564 | 6,458 | -0.3 |
| 2 Forestry | 10,910 | 10,888 | -0.0 |
| 3 Fishing and hunting | 5,748 | 6,417 | 2.2 |
| 4 Metal mines | 13,640 | 12,417 | -1.9 |
| 5 Mineral fuels | 18,252 | 12,894 | -6.7 |
| 6 Nonmetal mines | 13,507 | 12,403 | -1.7 |
| 7 Services to mining | 10,883 | 11,789 | 1.6 |
| 8 Food and beverages | 9,275 | 9,244 | -0.1 |
| 9 Tobacco products | 10,612 | 10,820 | 0.4 |
| 10 Rubber and plastics | 11,866 | 12,428 | 0.9 |
| 11 Leather products | 8,209 | 9,574 | 3.1 |
| 12 Textiles | 10,410 | 11,837 | 2.6 |
| 13 Knitting mills | 9,385 | 11,886 | 4.8 |
| 14 Clothing | 8,270 | 9,768 | 3.4 |
| 15 Wood products | 9,444 | 9,977 | 1.1 |
| 16 Furniture and fixtures | 9,817 | 9,997 | 0.4 |
| 17 Paper and allied products | 11,210 | 11,286 | 0.1 |
| 18 Printing and publishing | 10,825 | 11,952 | 2.0 |
| 19 Primary metals | 12,304 | 11,520 | -1.3 |
| 20 Metal fabricating | 11,640 | 11,563 | -0.1 |
| 21 Machinery | 11,729 | 12,926 | 2.0 |
| 22 Transportation equipment | 12,876 | 13,742 | 1.3 |
| 23 Electrical products | 11,856 | 12,829 | 1.6 |
| 24 Nonmetallic mineral products | 12,499 | 12,568 | 0.1 |
| 25 Petroleum and coal products | 13,624 | 12,627 | -1.5 |
| 26 Chemicals | 12,530 | 12,993 | 0.7 |
| 27 Miscellaneous manufacturing | 10,599 | 11,400 | 1.5 |
| 28 Construction | 12,083 | 11,772 | -0.5 |
| 29 Transportation and storage | 11,871 | 11,555 | -0.5 |
| 30 Communications | 9,342 | 12,438 | 5.9 |
| 31 Electric power and gas | 12,971 | 12,455 | -0.8 |
| 32 Wholesale trade | 11,432 | 11,224 | -0.4 |
| 33 Retail trade | 7,370 | 7,382 | 0.0 |
| 34 Finance, insurance, and real estate | 16,304 | 15,821 | -0.6 |
| 35 Education and health | 16,918 | 16,103 | -1.0 |
| 36 Amusement and recreation | 7,902 | 9,277 | 3.3 |
| 37 Services to business | 10,394 | 9,800 | -1.2 |
| 38 Accommodation and food | 7,786 | 7,955 | 0.4 |
| 39 Other personal services | 5,538 | 5,225 | -1.2 |
| 40 International trade | 12,269 | 12,334 | 0.1 |

*Constant 1971 dollars

SOURCE Based on data from Statistics Canada

personal consumption expenditures,[7] business net physical capital formation, and total government net expenditures (there is also an international trade balance with an export pattern "weight," but this term is typically very small; see Appendix A).[8] Thus, Canadian exports and all intermediate imports are essentially endogenous and absent from final demand; so are business physical capital replacement expenditures. Note that government expenditures are net with respect to government revenue from commodity sales (this is discussed further). Most important, all final demand components of the 39 listed industries are with respect to domestic production. All Canadian imports that satisfy final demand are aggregated and shown as final demand for International trade (no. 40). It therefore makes a considerable difference whether final demand for, say, textiles is satisfied by domestic production of Textiles (no. 12) or by imports through International trade (no. 40). It should now be clear why intermediate goods industries, including Canadian export industries, receive so little direct weight in final demand. It should also be clear why International trade has become increasingly important in final

demand – mainly because of the trend towards increasing import coefficients (the share of imports in total Canadian commodity demand for domestic use).

Table 6-2

Actual Distribution of Final Demand Weights, 40 Industries, 1961 and 1976

| | 1961 weight | 1976 weight |
|---|---|---|
| | (Per cent) | |
| 1 Agriculture | 0.8 | 0.8 |
| 2 Forestry | 0.2 | 0.0 |
| 3 Fishing and hunting | 0.0 | 0.0 |
| 4 Metal mines | 0.2 | 0.1 |
| 5 Mineral fuels | 0.1 | 0.0 |
| 6 Nonmetal mines | 0.1 | 0.0 |
| 7 Services to mining | 0.3 | 0.0 |
| 8 Food and beverages | 11.0 | 7.8 |
| 9 Tobacco products | 0.8 | 0.5 |
| 10 Rubber and plastics | 0.4 | 0.5 |
| 11 Leather products | 0.7 | 0.4 |
| 12 Textiles | 0.5 | 0.7 |
| 13 Knitting mills | 0.5 | 0.4 |
| 14 Clothing | 2.5 | 1.9 |
| 15 Wood products | 0.0 | 0.0 |
| 16 Furniture and fixtures | 0.9 | 0.8 |
| 17 Paper and allied products | 0.3 | 0.1 |
| 18 Printing and publishing | 1.1 | 1.1 |
| 19 Primary metals | 0.0 | 0.0 |
| 20 Metal fabricating | 0.8 | 0.9 |
| 21 Machinery | 0.0 | 0.3 |
| 22 Transportation equipment | 2.4 | 1.4 |
| 23 Electrical products | 1.3 | 1.6 |
| 24 Nonmetallic mineral products | 0.2 | 0.1 |
| 25 Petroleum and coal products | 1.7 | 1.5 |
| 26 Chemicals | 1.2 | 1.0 |
| 27 Miscellaneous manufacturing | 0.8 | 0.9 |
| 28 Construction | 20.8 | 18.5 |
| 29 Transportation and storage | 3.2 | 3.5 |
| 30 Communications | 1.4 | 2.7 |
| 31 Electric power and gas | 1.6 | 2.3 |
| 32 Wholesale trade | 3.0 | 3.7 |
| 33 Retail trade | 12.2 | 11.7 |
| 34 Finance, insurance, and real estate | 9.8 | 10.9 |
| 35 Education and health | 3.0 | 3.2 |
| 36 Amusement and recreation | 0.9 | 1.3 |
| 37 Services to business | 1.2 | 2.0 |
| 38 Accommodation and food | 5.8 | 5.3 |
| 39 Other personal services | 1.5 | 0.9 |
| 40 International trade | 6.4 | 11.7 |
| Total | 100.0 | 100.0 |

SOURCE Based on data from Statistics Canada

From Table 6-2, we can observe that final demand, as defined, is largely concentrated in a few industrial components: Food and beverages (no. 8), Construction, including repair construction (no. 28), Retail trade (no. 33), Finance, insurance, and real estate (no. 34), Accommodation and food (no. 38), and International trade (no. 40). From this analysis, two comments follow from the viewpoint of future research.

First, the industrial classification disaggregation used in this study does not appear to be entirely appropriate. Indeed, the selected classification seems more production-oriented than consumption-oriented! Therefore further research, using the alternative approach to productivity, should attempt a finer disaggregation of the important final demand components. (It is particularly desirable to disaggregate Finance, insurance, and real estate.) This is certainly statistically feasible except, perhaps, for Retail trade (no. 33). Even International trade can be disaggregated using a procedure outline in Appendix A. For Canada, a suggested disaggregation might include: Canada-U.S. trade (excluding the autopact), the Canada-U.S. Automotive Agreement (the autopact), and Canada-Rest-of-the-world trade.

The second comment concerns total government net expenditures in final demand. The effect of netting government revenue from commodity sales, mentioned above, is to make some of the potentially important final demand service components smaller than "normal": this applies particularly to Education and health (no. 35) and Other personal services (no. 39). Therefore, in future research, it appears desirable to create a distinct government services industry with the pattern of government gross current and capital expenditures serving for the industry's intermediate commodity inputs. The outputs of government services are distributed to other industries (intermediate demand) and final demand, according to calculated government production coefficients (the ratio of government revenue production to total Canadian demand for domestic use and foreign use). Indeed, such treatment is somewhat analogous to our present treatment of International trade except that: 1/ government production is not fictitious and requires direct labour inputs, and 2/ only part of government gross expenditures become endogenized – only enough to "balance" government (production) revenue from commodity sales. This procedure is, again, entirely feasible, but some minor data pieces are still missing (which could be approximated). If this procedure were performed, the industrial productivity results of this study would be only slightly affected, since most government services are directed towards final demand. There would, however, be some changes in the estimated Canadian aggregate productivity growth rates. In any event, the weights for the final demand components would certainly look more "normal."[9]

Table 6-3

(Labour) Transformed Distribution of Final Demand Weights, 40 Industries, 1961 and 1976

| | 1961 weight | 1976 weight |
|---|---|---|
| | (Per cent) | |
| 1 Agriculture | 1.6 | 1.3 |
| 2 Forestry | 0.2 | 0.0 |
| 3 Fishing and hunting | 0.0 | 0.0 |
| 4 Metal mines | 0.1 | 0.0 |
| 5 Mineral fuels | 0.0 | 0.0 |
| 6 Nonmetal mines | 0.0 | 0.0 |
| 7 Services to mining | 0.2 | 0.0 |
| 8 Food and beverages | 15.1 | 9.0 |
| 9 Tobacco products | 0.9 | 0.5 |
| 10 Rubber and plastics | 0.5 | 0.4 |
| 11 Leather products | 1.0 | 0.5 |
| 12 Textiles | 0.7 | 0.7 |
| 13 Knitting mills | 0.7 | 0.4 |
| 14 Clothing | 3.3 | 2.3 |
| 15 Wood products | 0.0 | 0.0 |
| 16 Furniture and fixtures | 1.0 | 0.9 |
| 17 Paper and allied products | 0.3 | 0.2 |
| 18 Printing and publishing | 1.0 | 1.1 |
| 19 Primary metals | 0.0 | 0.0 |
| 20 Metal fabricating | 0.8 | 0.8 |
| 21 Machinery | 0.0 | 0.3 |
| 22 Transportation equipment | 2.4 | 1.1 |
| 23 Electrical products | 1.3 | 1.5 |
| 24 Nonmetallic mineral products | 0.2 | 0.1 |
| 25 Petroleum and coal products | 1.3 | 1.2 |
| 26 Chemicals | 1.1 | 0.9 |
| 27 Miscellaneous manufacturing | 0.9 | 0.9 |
| 28 Construction | 17.8 | 16.4 |
| 29 Transportation and storage | 3.3 | 3.1 |
| 30 Communications | 1.6 | 2.4 |
| 31 Electric power and gas | 1.0 | 1.5 |
| 32 Wholesale trade | 2.7 | 3.3 |
| 33 Retail trade | 16.7 | 17.1 |
| 34 Finance, insurance, and real estate | 4.6 | 7.2 |
| 35 Education and health | 1.7 | 2.3 |
| 36 Amusement and recreation | 0.9 | 1.6 |
| 37 Services to business | 0.9 | 2.0 |
| 38 Accommodation and food | 5.8 | 7.9 |
| 39 Other personal services | 1.7 | 2.0 |
| 40 International trade | 6.4 | 9.8 |
| Total | 100.0 | 100.0 |

SOURCE Based on data from Statistics Canada and from Tables 2-1 and 6-2, using methodology explained in Chapter 2.

By putting Tables 6-1 and 6-2 together,[10] it is easy to infer an additional industrial policy guideline. We know that changes in final demand composition could affect aggregate productivity levels and growth rates. In fact, an exercise along these lines, based on historical data, is performed in Chapter 3. Suppose the composition of incremental final demand can be influenced by government industrial policy. Then, if it is our objective to raise aggregate productivity levels, and therefore the aggregate growth rate, such policy should be slanted towards stimulating industrial final demand components with relatively high total labour productivity levels. Conversely, policy should be slanted away from stimulating final demand components with relatively low total labour productivity levels.[11] This almost trivial policy exercise shows the distinct advantage of having a productivity calculus that yields industrial productivity levels and growth rates that are economically meaningful and unambiguous. Table 6-1 for the year 1978 shows, somewhat surprisingly, that Education and health (no. 35) has the highest total labour productivity level, closely followed by Finance, insurance, and real estate (no. 34). The total labour productivity level of International trade (no. 40), which ultimately reflects total labour productivity levels in Canada's export industries, is above average. On the other hand, beware of stimulating final demand with relatively large retail trade margins, as evident from the low total labour productivity level of Retail trade (no. 33). Other personal services (no. 39) is the labour productivity growth "*persona non grata*."[12]

One topic that usually turns up when analysing productivity growth is the question of accounting for entirely new commodities and industries. Officially speaking, this is not a statistical problem in our context, since the Statistics Canada data classification base is completely comparable over the whole 1961-78 period. Therefore, one might argue that the solution to the "problems" of new commodities and changing quality commodities is merely disaggregation, even to the finest level! We do not accept this "solution," because we feel that the Statistics Canada system of complete comparability is, in part, a statistical illusion. Indeed, we hope that, once the new revised 1980 SIC is in force, the input-output classification and data base for the 1980s will not be comparable with those for the 1960s and 1970s. How, then, can productivity growth time-series analysis proceed? The correct solution to this substantive problem is a strong dose of the Leontief double inversion procedure, as given in Leontief (1967) and further expounded in Postner (1982, pp. 236-37). It is interesting to observe that the alternative approach to productivity analysis can make very natural use of this procedure. This means that real problems regarding dramatic technological changes and entirely new commodities and industries present no unsurmountable obstacles to the productivity methodology of this study. In fact, our methodology is entirely consistent with the solution to these problems. Needless to say, traditional measures of productivity do not possess this property.

Our final direction for future research concerns the complex and contemporary issue of the connection

between inflation and productivity. There is growing evidence that aggregate price inflation and aggregate productivity growth interact in full-feedback mode (see Jarrett and Selody, 1982, and also P. Clark, 1982). This issue cannot be clarified and resolved until the analysis becomes more disaggregated. After all, the anecdotal and theoretical arguments supporting such a connection are "industrially" disaggregated in nature. There is, as yet, no quantitative analysis of the various specific economic mechanisms through which, for example, accelerated inflation or even sustained inflation is supposed to reduce productivity growth. In the final section of Chapter 5, we present some statistical evidence that could be interpreted as identifying a symptom of the "disease" attacking the connection between inflation and productivity during Canada's productivity stagnation period, 1973-78. This evidence is far from conclusive or even satisfactory. Put bluntly, the key problems run something like this. 1/ How does excessive attention to cash balances and debt management interact with observed productivity growth? 2/ What is the effect of shorter investment planning horizons and increased financial renegotiations on observed productivity levels? 3/ Can inventory and working capital holdings be brought into the productivity calculus? 4/ What is the relation between purely financial innovations and technological change that affects production? Clarifying problems of this nature requires moving out of the conventional frameworks of production and consumption accounts to incorporate transactions involving income and outlays and financial capital accounts. Such movement can only lead to new insights if the production and consumption sets of accounts are fully integrated with the financial set of accounts at a level suitably disaggregated by industry. There are some severe statistical problems in the way of full integration. But working with the alternative approach to productivity analysis is already a step in this direction, since the corresponding data base is a key ingredient of a full-fledged integrated analysis.

# Appendixes

# A Mathematics

The main purpose of this appendix is to provide the mathematical models and proofs underlying this study. It is essentially self-contained, so some readers may prefer to go directly to this appendix before reading the text. It is assumed, however, that readers are already acquainted with the Canadian input-output (I-O) statistical system; a good introduction is Statistics Canada (1969). The Canadian I-O system is actually very similar to the basic United Nations System of National Accounts (1968), and so is the most recent United States I-O statistical system, described in Ritz (1980). As well as giving proofs or more formal statements of propositions offered in the text, this appendix also presents a number of advanced aspects of productivity growth analysis that are not directly referred to in the main text (though some of these aspects underlie certain arguments in Chapter 6). It is also appropriate here to illustrate the advanced aspects of productivity analysis with special tables. Finally, the appendix considers briefly some possible future extensions of productivity growth analysis that naturally follow from our initial efforts.

## Basic Input-Output Model

We first present the basic model underlying our new approach to productivity estimation. The model is stated in a relatively simple form to avoid "swamping" the reader with a multitude of symbols. Later, we show how the productivity model can be made more complete, if this is desired. The basic model consists of the following six equations:

(A.1) $g = Dq$

(A.2) $q + m = Bg + Cg + e + x$

(A.3) $n = Ng + f$

(A.4) $m = \hat{\mu}(q + m - x)$

(A.5) $x = a(i'x)$

(A.6) $i'x = i'm + i^{\bullet\prime}n + \beta$

Equation (A.1) shows the transformation of domestic competitive commodity output vector $q$ into the domestic industry gross output vector $g$ by means of the rectangular output coefficient matrix $D$. Equation (A.2) states that total supply of competitive commodities (the summation of domestic commodity output $q$ and competitive import vector $m$) equals total demand for these competitive commodities (summation of current intermediate input demand $Bg$ using the rectangular input coefficient matrix $B$, fixed capital replacement input demand $Cg$ using the capital replacement coefficient matrix $C$, net final demand for domestic use vector $e$, and the competitive commodity export vector $x$). Equation (A.3) deals with noncompetitive commodities all of which are imported; the total supply of noncompetitive import vector $n$ equals total demand for noncompetitive commodities (the summation of current intermediate input demand $Ng$ using the input coefficient matrix $N$, and final demand for domestic use vector $f$). Equation (A.4) relates competitive imports $m$ to total demand for domestic use vector $(q + m - x)$ by means of a diagonal matrix of competitive import coefficients $\hat{\mu}$. Equation (A.5) simply rewrites the commodity export vector $x$ as the pattern coefficient vector $a$ (with elements that sum to unity) multiplied by the total of all exports $i'x$. Equation (A.6) is a balance-of-trade relationship: total exports equal total competitive imports plus total noncompetitive imports plus a trade balance scalar $\beta$, where the different dimensions of the two import vectors $m$ and $n$ are distinguished by the summation notation row vectors $i'$ and $i^{\bullet\prime}$.

Although the basic model could be used in various ways, for the purposes of this study, we are interested in obtaining a solution for the domestic industry gross output vector $g$ and total imports, $i'm + i^{\bullet\prime}n$, in terms of the exogenous vectors $e$ and $f$ and the trade

balance scalar $\beta$. The solution procedure is as follows. Using equations (A.2) and (A.4), we have:

$$(A.7) \quad m = \hat{\mu}(B + C)g + \hat{\mu}e$$

Substituting (A.7) in (A.2) and also using equation (A.5), we derive:

$$(A.8) \quad g = (I - \hat{\mu})(B + C)g + (I - \hat{\mu})e + a(i'x)$$

From equations (A.3) and (A.7), it follows that:

$$(A.9) \quad i'm + i^{*\prime}n = i'\hat{\mu}(B + C)g + i^{*\prime}Ng + i'\hat{\mu}e + i^{*\prime}f$$

Then using (A.1) and (A.6) in equation (A.8), we obtain:

$$(A.10) \quad g = D(I - \hat{\mu})(B + C)g + Da(i'm + i^{*\prime}n) + D(I - \hat{\mu})e + Da\beta$$

Thus, equations (A.9) and (A.10) represent two vector equations showing the relationship between the endogenous variables $g$ and $i'm + i^{*\prime}n$, and the exogenous variables $e$, $f$, and $\beta$. All coefficients matrices and vectors are treated as constants. It is now convenient to rewrite the system (A.9) and (A.10) in terms of the notation introduced in Chapter 2 of this study. There we had:

$$(2.1) \quad X = AX + Y$$

or, equivalently, in partitioned form, we could write:

$$(A.11) \quad \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{pmatrix}$$

Then, to relate the system (A.9) and (A.10) to (A.11), it is straightforward to see that:

$$X_1 = g$$

$$X_2 = i'm + i^{*\prime}n$$

$$Y_1 = D(I - \hat{\mu})e + Da\beta$$

$$Y_2 = i'\hat{\mu}e + i^{*\prime}f$$

and that:

$$A_{11} = D(I - \hat{\mu})(B + C)$$

$$A_{12} = Da$$

$$A_{21} = i'\hat{\mu}(B + C) + i^{*\prime}N$$

$$A_{22} = 0$$

Two comments are now in order. First, consider the grand summation of the final demand vector $Y$. We see that:

$$(A.12) \quad i'Y_1 + Y_2 = i'D(I - \hat{\mu})e + i'Da\beta + i'\hat{\mu}e + i^{*\prime}f$$

Then, since $i'D = i'$ and $i'a =$ unity, the summation becomes simply:

$$i'Y_1 + Y_2 = i'e + i^{*\prime}f + \beta$$

which is total net final demand for domestic use of competitive commodities ($i'e$) plus total final demand for noncompetitive commodities ($i^{*\prime}f$) plus the trade balance $\beta$. It is straightforward to see, from national accounting identities, that this grand summation also equals the total of all net domestic product originating in business sector industries valued at market prices (this follows from Statistics Canada, 1982*a*, pp. 10-13). Note that both final demand expenditures on competitive commodities ($i'e$) and industry domestic product are net of physical capital replacement and consumption allowances (see the term $Cg$ in equation (A.2)). Both final demand commodity expenditures and industry domestic product exclude primary inputs of final demand categories (Statistics Canada, 1982*a*).

The second comment relates to the balance-of-trade equation (A.6). The basic I-O model (A.1) to (A.6) is applied with all valuations expressed in constant 1971 prices. This assumption, however, must be relaxed for equation (A.6), which is more naturally represented in current prices rather than in constant prices. For applications with respect to the base year 1971, no changes are required. For all

other years, the balance-of-trade equation (A.6), initially expressed in constant prices, is transformed into a balance-of-trade relation expressed in current prices by multiplying $i'x$ on the left-hand side of (A.6) by an adjustment scalar $\delta$ derived from:

$$\text{(A.13)} \quad \delta = \frac{(i'x)_c/(i'x)_o}{(i'm + i^{*\prime}n)_c/(i'm + i^{*\prime}n)_o}$$

where the subscript $c$ denotes current prices and the subscript $o$ denotes evaluation of the bracketed expression in constant (base year) prices. This is equivalent, in view of equation (A.5), to proportionally adjusting the export pattern coefficient vector $a$ by the scalar $\delta$. The adjustment affects both the $A$ matrix through the submatrix $A_{12} = Da$ and the $Da\beta$ term in $Y_1$. In effect, the adjustment in (A.13) reflects changes in the international terms of trade between the base year 1971 and any other year. If $\delta > 1$, there is an improvement in the terms of trade between the base period and current period. The specific adjustment of the export pattern coefficient vector $a$ is effected by setting $x = a^*(i'x)$ in equation (A.5) where $a^* = \delta^{-1}a$. Thus, $\delta > 1$ implies $i'a^* < 1$, and $\delta < 1$ (terms of trade deterioration) implies $i'a^* > 1$. The post-adjusted export pattern coefficient vector $a^*$ is essentially, in the given model, the intermediate input coefficient vector column of the international trade industry after transformation by matrix $D$. (See also Leontief, 1946.)

The model described so far in this section is the one actually applied in the study. It is possible to extend the model in various directions. For example, the international trade relations embodied in equations (A.3), (A.4), (A.5), and (A.6) can be disaggregated according to bilateral trade rather than aggregated into total international trade. This may be of some relevance to Canada, where Canadian international trade divides naturally into Canada-U.S. trade and Canada-Rest-of-the-world trade. The extension of the basic model with each of the equations (A.3) to (A.6) replaced by two equations reflecting two bilateral trade relations is trivial to perform. Note that we will also need two distinct terms of trade adjustment scalars, $\delta_1$ and $\delta_2$, in this case. The model actually applied in this study implicitly assumes that Canadian international trade is multilateral rather than comprising a system of bilateral trades. Another possible extension concerns the treatment of re-exports. Our applied model simply ignores the distinction between domestic exports and re-exports in the total export vector $x$. A more refined treatment will feature an additional equation $x_m = \hat{\mu}_1 x$, where $x_m$ represents re-exports and $\hat{\mu}_1$ is a diagonal matrix of re-export coefficients. Then equation (A.4) is replaced by:

$$\text{(A.4a)} \quad m - x_m = \hat{\mu}_0 (q + m - x)$$

following a suggestion of Statistics Canada (1969). If all operations are carried out, the four submatrices of matrix $A$ now become:

$$A_{11} = D(I - \hat{\mu}_0)(B + C)$$

$$A_{12} = D(I - \hat{\mu}_1)a$$

$$A_{21} = i'\hat{\mu}_0 (B + C) + i^{*\prime}N$$

$$A_{22} = i'\hat{\mu}_1 a$$

Since the re-export coefficients $\mu_1$ are all very small, a distinctive treatment of re-exports is indeed a refinement.[7]

In Chapter 2 of the text, it is shown that the vector system of equations:

$$\text{(2.1)} \quad X = AX + Y$$

is applied to yield a row vector of total (direct plus indirect) labour requirements per unit of output:

$$\text{(A.14)} \quad \lambda' = \ell'(I - A)^{-1}$$

where $\ell'$ is a row vector of direct labour coefficients. Each element of the vector $\ell'$ is simply the ratio of total labour employed to total gross output in each industry; the last element of the vector $\ell'$ is zero, since this element corresponds to the international trade exchange industry, which has no direct labour input. Indeed, from equation system (A.11), it is easily seen that the international trade industry "produces" imports $i'm + i^{*\prime}n$ by means of the transformed export pattern vector $Da$ or $Da^*$. The estimation formula (A.14) is further developed in the next section. At this point, we can prove an assertion stated with respect to formula (A.14) in Chapter 3 – namely, the invariance property of the calculation. This property is best understood by considering the impact on calculation (A.14) of errors in measurement of the output price deflation in a subset of industries. This means that all base year data for 1971 are assumed correct, since all price deflators are identically equal to unity in that year. An error in the output price deflator for a particular industry

affects the industry's direct labour coefficient and all intermediate input coefficients of that industry; all these coefficients are uniformly and proportionally affected in the same direction. But intermediate consumption of that industry's output by all other industries (and itself) are proportionally affected in the opposite direction, that is, the coefficients for the intermediate inputs of all industries with respect to consumption of the particular industry's output must also be adjusted to reflect the existence of errors in the measurement of the output price (deflator). All this can be expressed formally and, indeed, generalized.

Therefore, suppose that the set of business sector industries are divided into two subsets. The first set is initially free of measurement error; each industry in the second set is subject to price deflator measurement errors, and these errors can differ from industry to industry. Now suppose that all the required output price deflator adjustments are incorporated in order to yield real output measurements that are free of error. The problem, then, is to compare the results of two calculations for formula (A.14); the first calculation is simply the original:

$$\text{(A.14)} \quad \lambda' = \ell'(I - A)^{-1}$$

which embodies measurement errors as stated, and the second calculation contains all the required adjustments needed to correct and eliminate measurement errors. It is easily shown that the adjusted formula would then be:

$$\text{(A.15)} \quad \lambda^{*\prime} = \ell' T(I - T^{-1}AT)^{-1}$$

where $T$ is a diagonal matrix stated in partitioned form:

$$\text{(A.16)} \quad T = \begin{pmatrix} I & O \\ O & \hat{k} \end{pmatrix}$$

and $\hat{k}$ is a diagonal matrix composed of positive nonunity elements in its diagonal array, each of which represents the adjustment factor needed to correct the incorrect output price deflator for the respective industries of the second set. By manipulating formula (A.15), we see that:

$$\text{(A.15}a\text{)} \quad \lambda^{*\prime} = \ell' T(T^{-1}T - T^{-1}AT)^{-1}$$
$$= \ell' T[T^{-1}(I - A)^{-1}T]$$
$$= \ell'(I - A)^{-1}T$$

Thus using (A.14) and (A.16), it is found that:

$$\text{(A.15}b\text{)} \quad \lambda^{*\prime} = \lambda' T$$

This means that the total (direct plus indirect) labour coefficients of the first set of industries are entirely unaffected by the presence of measurement errors in the second set of industries. On the other hand, the total labour coefficients for each of the second set of industries are affected by measurement errors, but only to the extent that a simple correction factor is required to adjust each of their own measurement errors, irrespective of measurement errors elsewhere. There is just one additional qualification needed. It is not realistic to treat the International trade "industry" as a potential member of the second set with a unique correction adjustment factor. The presence of this pure exchange industry in our model does raise certain complications, but even these can be handled by a more sophisticated treatment. The basic propositions with respect to the invariance property of calculation (A.14) continue to hold for most useful applications of the propositions. The invariance property is also discussed in Leontief (1953, p. 41) and Carter (1970, p. 23).

## The Mathematics of Decomposition Analysis

This section provides the mathematics and rationale of the decomposition procedure used in Chapter 3. Specifically, we are concerned with decomposing changes over time in total (direct plus indirect) labour coefficients; the resulting decomposition must be interesting and relevant from the viewpoint of industry productivity growth analysis. All decompositions stem from the basic calculation (A.14). Thus, for an initial time period, we calculate:

$$\text{(A.17)} \quad \lambda_1' = \ell_1'(I - A_1)^{-1}$$

where the subscript unity now refers to time period one. Then for time period two:

$$\text{(A.18)} \quad \lambda_2' = \ell_2'(I - A_2)^{-1}$$

so subscript two means time period number two. The decomposition procedure is applied to:

(A.19) $\lambda'_2 - \lambda'_1 = \Delta\lambda'$

It is similarly convenient to define:

$$\Delta\ell' = \ell'_2 - \ell'_1$$

$$\Delta A = A_2 - A_1$$

$$\ell' = \tfrac{1}{2}(\ell'_1 + \ell'_2)$$

$$A = \tfrac{1}{2}(A_1 + A_2)$$

Also, it is known that:

$$(I - A_1)^{-1} = I + A_1 + B_1$$

where:

$$B_1 = (I - A_1)^{-1}A_1^2$$
$$= A_1^2 + A_1^3 + A_1^4 + \ldots$$

Then:

$$\Delta B = B_2 - B_1$$

where the definition of $B_2$ is analogous to that of $B_1$, and:

$$B = \tfrac{1}{2}(B_1 + B_2)$$

One other piece of notation is required. Let $\hat{a}_1$ represent the diagonal matrix formed from the diagonal elements of $A_1$, and $\hat{a}_2$ is similarly formed from $A_2$. Then:

$$\hat{a} = \tfrac{1}{2}(\hat{a}_1 + \hat{a}_2)$$

We are now prepared to state the basic decomposition formula.[3] The change over time, from period one to period two, of the row vector of total (direct plus indirect) labour coefficients can be written as:

(A.20) $\Delta\lambda' = \Delta'_D + \Delta'_I$

where:

(A.21) $\Delta'_D = \Delta\ell'(I + \hat{a}) + \ell'(\Delta A)$

and:

(A.22) $\Delta'_I = \Delta\ell'(A - \hat{a} + B) + \ell'(\Delta B)$

Before explaining the interpretation of the decomposition row vectors $\Delta'_D$ and $\Delta'_I$, we must first check that identity (A.20) holds. This can be shown by noting that:

(A.23) $\Delta\lambda' = \lambda'_2 - \lambda'_1$
$= \ell'_2(I + A_2 + B_2) - \ell'_1(I + A_1 + B_1)$
$= \Delta\ell' + \Delta\ell'(A_2 + B_2) + \ell'_1(\Delta A + \Delta B)$

But the same change over time could also be written as:

(A.24) $\Delta\lambda' = \Delta\ell' + \Delta\ell'(A_1 + B_1)$
$+ \ell'_2(\Delta A + \Delta B)$

Then, taking the simple average of (A.23) and (A.24), we find, using (A.21) and (A.22), that:

(A.24a) $\Delta\lambda' = \Delta\ell' + \Delta\ell'(A + B) + \ell'(\Delta A + \Delta B)$
$= \Delta'_D + \Delta'_I$

as required. The interpretation of the two decomposition expressions is as follows.

The first expression, $\Delta'_D$, represents the change in the total labour coefficients due to own effects (the own effects change). This is a row vector of dimension equal to the number of industries, including the International trade exchange industry, in the basic I-O model. Thus, each element in turn gives the own effects change over time in the total labour coefficients for the respective industries. In Chapter 3, it is stated that the own effects changes account for those changes that can be directly traced to technological changes in each of the respective industries and nowhere else. Each industry is directly responsible for the change in its own direct labour coefficient, and this is indicated by the inclusion of the term $\Delta\ell'$ in $\Delta'_D$, as seen in (A.21). Similarly, each industry is directly responsible for changes in its own set of intermediate (including capital replacement) input coefficients, whether of domestic or foreign production. But any such changes must be transformed into a common denominator – namely,

labour. All this is accomplished by the term $\ell'\Delta A$ in (A.21). To this we add $\Delta\ell'\hat{a}$, which again is composed of a technological change directly traceable to each industry in turn (and nowhere else). This, then, exhausts the sources of own effects change by definition. Indeed, since $\Delta\lambda' - \Delta'_D = \Delta'_I$, we can check each term in the expression $\Delta'_I$ given by (A.22) to be sure that all own effects terms have been captured in $\Delta'_D$.

Thus, consider the expression $\Delta'_I$. In Chapter 3, this expression represents the change in total labour coefficients due to input effects (the input effects change). The expression is essentially a "residual," but each term has some meaning. First, consider the term $\Delta\ell'(A - \hat{a})$. Since all diagonal elements of the matrix $(A - \hat{a})$ equal zero, it is clear that the term yields a row vector of changes in total labour coefficients, which are traceable, in terms of technological changes, to all industries of the business sector other than the respective industry associated with the respective elements in the vector. Another term in the expression $\Delta'_I$ is $\Delta\ell'B = \Delta\ell'(B - \hat{b}) + \Delta\ell'\hat{b}$, where $\hat{b}$ represents a diagonal matrix formed from the diagonal elements of matrix $B$. For the subterm $\Delta\ell'(B - \hat{b})$, the argument is identical to that for $\Delta\ell'(A - \hat{a})$. There remains the subterm of $\Delta\ell'\hat{b}$. Strictly speaking, it might be argued that this "change" belongs with the own effects change of expression $\Delta'_D$. We do not make this assignment, since the elements in the vector $b$ cannot be directly associated with any one industry. Finally, we come to the last term in expression (A.22) – namely, $\ell'(\Delta B)$. Again the "correct" assignment of this term is a little controversial. The composition of the term appears symmetrical to $\ell'(\Delta A)$, which certainly belongs to $\Delta'_D$ by definition. Nevertheless, we do not make this assignment, since no element of $\Delta B$ can be directly associated with any one industry, and so, for this reason, $\ell'(\Delta B)$ is designated as part of $\Delta'_D$, which accounts for those technological changes stemming from all other industries. However, as we shall soon see, the defence of the given decomposition procedure is not dependent only on "theoretical" argument – there is also empirical evidence!

The productivity decomposition analysis can be extended by simply inverting expression (A.22) in order to yield a column vector of row summations rather than a row vector of column summations. Thus, consider now the column vector:

$$\text{(A.25)} \quad \Delta_S = \widehat{\Delta\ell}(A - \hat{a} + B)i + \hat{\ell}(\Delta B)i$$

where $\widehat{\Delta\ell}$ is a diagonal matrix formed from the row vector $\Delta\ell'$, $\hat{\ell}$ is a diagonal matrix formed from the row vector $\ell'$, and $i$ is a column vector of unities. This expression describes the changes in total labour coefficients due to output effects (the output effects change), discussed in Chapter 3. There it is stated that the grand summation of all input effects must equal the grand summation of all output effects. The proof is trivial:

$$\begin{aligned} i'\Delta_S &= i'\widehat{\Delta\ell}(A - \hat{a} + B)i + i'\hat{\ell}(\Delta B)i \\ &= \Delta\ell'(A - \hat{a} + B)i + \ell'(\Delta B)i \\ &= \Delta'_D i \end{aligned}$$

as required. In Chapter 3, we associate each element of the column vector $\Delta_S$ as an output effect of the respective industries. For example, if a particular element of $\Delta_S$ is negative, then technological changes associated with that particular industry would directly or indirectly lower total labour coefficients in all other industries of the economy (taken as a whole) and, therefore, also raise labour productivity levels throughout the economy. Is this a reasonable interpretation of the specific expression (A.25)? First, consider the term $\widehat{\Delta\ell}(A - \hat{a})i$ in $\Delta_S$. Clearly this term fits the required description; a particular industry's output effects transmitted by this term are direct. Next, consider the term $\widehat{\Delta\ell}Bi$. Here, again, the output effects are clearly associated with each particular industry's technological change (actually, direct labour coefficient change), but the output effects transmitted by the term are indirect, and also affect the particular industry itself (matrix $B$ includes the diagonal elements). Finally, we examine the last term in the expression (A.25) – namely, $\hat{\ell}(\Delta B)i$. The case for associating each element in this column vector term with a particular industry's output effects, as described, seems rather weak. After all, each element of $\Delta B$ reflects technological changes (actually the indirect intermediate input coefficient changes) of all industries simultaneously. Nevertheless, the common denominator weights $\hat{\ell}$ are correct, but the term mainly embodies the net impact of intermediate input substitutions[4] ultimately associated with the respective industries of the column vector. For this reason, it seems best to distinguish the term $\hat{\ell}(\Delta B)i$ in (A.25) when performing an analysis of output effects change based on the formulation of $\Delta_S$.

In Chapter 3, the empirical results of decomposition analysis are shown specifically based on the

formulations (A.20), (A.21), (A.22), and (A.25) for the time interval 1961-76 (see Tables 3-1 and 3-2).[5] The individual terms composing each decomposition expression are not shown, only the total net result of the terms. In view of the above analysis, it is therefore instructive to observe the individual terms, and this is now shown in Tables A-1, A-2, and A-3. From Table A-1, it is clearly evident that the term $\Delta\ell'(I + \hat{a})$ dominates the own effects change expression $\Delta'_D$. This result is not surprising: the prime source of own effects change in total labour requirements per unit of output is the simple technological change of reductions (in almost all cases) in the direct labour coefficients of industries. Note that, for some industries, the term $\ell'(\Delta A)$ is positive and significant, usually indicating substitution of direct intermediate inputs (correctly labour-weighted) for direct labour input. In Table A-2, we are mainly concerned with the relative magnitudes of the first (combined) term $\Delta\ell'(A - \hat{a} + B)$ and the second term $\ell'(\Delta B)$; recall that the interpretation of the second term is not entirely clear. Again it is evident that the first term

Table A-1

Decomposition of Change in Total Labour Requirements Due to Own Effects, in Man-Years per One Million Dollars* of Output, 40 Industries, 1961-76

| | Total own effects change | First-term own effects change | Second-term own effects change |
|---|---|---|---|
| 1 Agriculture | -108 7 | -108 7 | -0 0 |
| 2 Forestry | -28 4 | -32 6 | 4 2 |
| 3 Fishing and hunting | 10 7 | 5 7 | 5 0 |
| 4 Metal mines | -7 2 | -14 9 | 7 7 |
| 5 Mineral fuels | -7 2 | -12 9 | 5 7 |
| 6 Nonmetal mines | -23 2 | -23 6 | 0 3 |
| 7 Services to mining | 1 8 | 8 9 | -7 1 |
| 8 Food and beverages | -17 8 | -13 7 | -4 1 |
| 9 Tobacco products | -15 6 | -12 6 | -2 9 |
| 10 Rubber and plastics | -30 0 | -26 7 | -3 3 |
| 11 Leather products | -39 0 | -31 8 | -7 2 |
| 12 Textiles | -43 2 | -40 8 | -2 4 |
| 13 Knitting mills | -59 4 | -52 8 | -6 6 |
| 14 Clothing | -35 3 | -35 7 | 0 4 |
| 15 Wood products | -23 3 | -22 2 | -1 1 |
| 16 Furniture and fixtures | -23 9 | -23 9 | 0 1 |
| 17 Paper and allied products | -9 4 | -10 0 | 0 6 |
| 18 Printing and publishing | -20 7 | -20 9 | 0 2 |
| 19 Primary metals | -6 1 | -7 3 | 1 2 |
| 20 Metal fabricating | -22 4 | -20 7 | -1 6 |
| 21 Machinery | -22 3 | -21 7 | -0 6 |
| 22 Transportation equipment | -32 3 | -27 8 | -4 5 |
| 23 Electrical products | -29 8 | -26 8 | -2 9 |
| 24 Nonmetallic mineral products | -20 9 | -20 2 | -0 8 |
| 25 Petroleum and coal products | -0 3 | -2 9 | 2 6 |
| 26 Chemicals | -19 5 | -17 9 | -1 6 |
| 27 Miscellaneous manufacturing | -29 5 | -27 9 | -1 5 |
| 28 Construction | -11 2 | -12 1 | 0 9 |
| 29 Transportation and storage | -39 4 | -38 0 | -1 4 |
| 30 Communications | -46 5 | -39 3 | -7 2 |
| 31 Electric power and gas | -11 3 | -9 9 | -1 4 |
| 32 Wholesale trade | -24 7 | -20 4 | -4 3 |
| 33 Retail trade | -31 3 | -25 1 | -6 2 |
| 34 Finance, insurance, and real estate | 2 5 | 0 4 | 2 1 |
| 35 Education and health | -4 1 | -4 1 | 0 0 |
| 36 Amusement and recreation | -10 1 | -12 1 | 2 0 |
| 37 Services to business | -3 8 | -5 4 | 1 6 |
| 38 Accommodation and food | 17 7 | 15 5 | 2 2 |
| 39 Other personal services | 48 8 | 47 7 | 1 1 |
| 40 International trade | -7 1 | 0 0 | -7 1 |

*Constant 1971 dollars.

SOURCE Based on data from Statistics Canada and Table 3-1

Table A-2

Decomposition of Change in Total Labour Requirements Due to Input Effects, in Man-Years per One Million Dollars* of Output, 40 Industries, 1961-76

| | Total input effects change | First-term input effects change | Second-term input effects change |
|---|---|---|---|
| 1 Agriculture | -27.3 | -26.6 | -0.7 |
| 2 Forestry | -12.7 | -18.7 | 6.0 |
| 3 Fishing and hunting | -8.7 | -24.0 | 15.4 |
| 4 Metal mines | -5.9 | -14.4 | 8.5 |
| 5 Mineral fuels | -6.0 | -12.3 | 6.2 |
| 6 Nonmetal mines | -17.3 | -16.5 | -0.8 |
| 7 Services to mining | -27.4 | -16.2 | -11.2 |
| 8 Food and beverages | -59.2 | -58.1 | -1.1 |
| 9 Tobacco products | -50.1 | -49.1 | -1.1 |
| 10 Rubber and plastics | -26.7 | -24.1 | -2.5 |
| 11 Leather products | -29.5 | -24.4 | -5.0 |
| 12 Textiles | -32.6 | -26.1 | -6.4 |
| 13 Knitting mills | -37.6 | -31.2 | -6.4 |
| 14 Clothing | -27.8 | -29.8 | 2.0 |
| 15 Wood products | -25.2 | -29.0 | 3.8 |
| 16 Furniture and fixtures | -23.2 | -24.4 | 1.3 |
| 17 Paper and allied products | -19.9 | -27.0 | 7.1 |
| 18 Printing and publishing | -12.2 | -15.5 | 3.2 |
| 19 Primary metals | -20.3 | -25.6 | 5.4 |
| 20 Metal fabricating | -20.3 | -20.0 | -0.3 |
| 21 Machinery | -14.7 | -21.0 | 6.3 |
| 22 Transportation equipment | -23.2 | -27.9 | 4.7 |
| 23 Electrical products | -23.1 | -20.4 | -2.6 |
| 24 Nonmetallic mineral products | -20.4 | -19.5 | -0.9 |
| 25 Petroleum and coal products | -31.4 | -32.3 | 0.9 |
| 26 Chemicals | -25.0 | -24.0 | -1.0 |
| 27 Miscellaneous manufacturing | -20.2 | -20.5 | 0.3 |
| 28 Construction | -21.6 | -20.3 | -1.2 |
| 29 Transportation and storage | -18.2 | -14.8 | -3.4 |
| 30 Communications | -24.9 | -16.2 | -8.7 |
| 31 Electric power and gas | -11.9 | -15.2 | 3.2 |
| 32 Wholesale trade | -14.8 | -10.3 | -4.4 |
| 33 Retail trade | -18.0 | -13.5 | -4.6 |
| 34 Finance, insurance, and real estate | -5.6 | -7.1 | 1.4 |
| 35 Education and health | -7.0 | -9.1 | 2.1 |
| 36 Amusement and recreation | -8.3 | -13.0 | 4.6 |
| 37 Services to business | -4.5 | -6.2 | 2.6 |
| 38 Accommodation and food | -17.9 | -22.6 | 4.6 |
| 39 Other personal services | -8.5 | -12.4 | 3.9 |
| 40 International trade | -49.6 | -47.5 | -2.1 |

*Constant 1971 dollars

SOURCE Based on data from Statistics Canada and Table 3-1

largely accounts for the input effects changes $\Delta'_i$. Indeed, for all industries, $\Delta'_i$ and the first term are negative and significant. There are some positive industry elements in $\ell'(\Delta B)$, but these are typically small in absolute magnitude compared with the corresponding industry element magnitudes of $\Delta\ell'(A - \hat{a} + B)$. Even if the term $\ell'(\Delta B)$ were included as part of the own effects change expression, the empirical results would not alter in any significant way for the great majority of industries.

Finally, we consider Table A-3. In this case, it is not evident that the first (combined) term $\widehat{\Delta\ell(A - \hat{a} + B)}i$ dominates the second term $\hat{\ell}(\Delta B)i$. There are important examples where the industrial magnitudes of the second term are at least equal to those of the first term, and the elements of the two terms do not necessarily possess the same arithmetic sign. Observe, for example, Rubber and plastics (no. 10), Transportation equipment (no. 22), Communications (no. 30), Wholesale trade (no. 32), and Services to

Table A-3

Decomposition of Transmission Change in Total Labour Requirements Associated with Output Effects, in Man-Years per One Million Dollars* of Output, 40 Industries, 1961-76

| | Total output effects change | First-term output effects change | Second-term output effects change |
|---|---|---|---|
| 1 Agriculture | -263.5 | -203.4 | -60.1 |
| 2 Forestry | -55.7 | -38.6 | -17.1 |
| 3 Fishing and hunting | -2.4 | 0.5 | -2.9 |
| 4 Metal mines | -30.3 | -22.8 | -7.5 |
| 5 Mineral fuels | -10.5 | -13.9 | 3.5 |
| 6 Nonmetal mines | -6.6 | -7.8 | 1.2 |
| 7 Services to mining | 4.5 | 2.1 | 2.4 |
| 8 Food and beverages | -23.5 | -19.4 | -4.1 |
| 9 Tobacco products | -1.2 | -0.9 | -0.3 |
| 10 Rubber and plastics | -3.7 | -14.3 | 10.6 |
| 11 Leather products | -5.0 | -2.4 | -2.6 |
| 12 Textiles | -34.9 | -36.9 | 2.0 |
| 13 Knitting mills | -3.4 | -5.3 | 1.9 |
| 14 Clothing | -2.4 | -3.8 | 1.3 |
| 15 Wood products | -28.3 | -25.6 | -2.7 |
| 16 Furniture and fixtures | -2.6 | -2.9 | 0.2 |
| 17 Paper and allied products | -35.5 | -22.2 | -13.4 |
| 18 Printing and publishing | -21.8 | -15.8 | -6.0 |
| 19 Primary metals | -30.7 | -19.5 | -11.2 |
| 20 Metal fabricating | -20.3 | -27.8 | 7.5 |
| 21 Machinery | -17.0 | -24.1 | 7.1 |
| 22 Transportation equipment | 5.5 | -59.0 | 64.5 |
| 23 Electrical products | -21.5 | -25.4 | 3.9 |
| 24 Nonmetallic mineral products | -9.2 | -9.8 | 0.5 |
| 25 Petroleum and coal products | -2.6 | -2.6 | 0.0 |
| 26 Chemicals | -21.4 | -24.7 | 3.3 |
| 27 Miscellaneous manufacturing | -8.9 | -11.8 | 3.0 |
| 28 Construction | -49.6 | -37.9 | -11.6 |
| 29 Transportation and storage | -107.8 | -117.3 | 9.5 |
| 30 Communications | -24.9 | -36.6 | 11.7 |
| 31 Electric power and gas | -6.0 | -9.0 | 3.0 |
| 32 Wholesale trade | -33.5 | -45.9 | 12.5 |
| 33 Retail trade | -21.7 | -21.3 | -0.4 |
| 34 Finance, insurance, and real estate | 1.8 | 1.0 | 0.8 |
| 35 Education and health | 0.1 | -0.0 | 0.1 |
| 36 Amusement and recreation | -2.4 | -1.3 | -1.1 |
| 37 Services to business | 23.1 | -7.2 | 30.4 |
| 38 Accommodation and food | 0.7 | 5.9 | -5.3 |
| 39 Other personal services | 14.8 | 20.1 | -5.4 |
| 40 International trade | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

*Constant 1971 dollars

SOURCE Based on data from Statistics Canada and Table 3-2

business (no. 37). This result may seem surprising in the light of Table A-2, particularly since the industrial summation of the second term in Table A-2 is identically equal to the same summation of the second term in Table A-3, that is:

$$\ell'(\Delta B)i \equiv i'\hat{\ell}(\Delta B)i$$

But these simple summations overlook industrial distribution and arithmetic cancellations! It is stated earlier in this section, that the interpretation of the term $\hat{\ell}(\Delta B)i$ as part of the output effects changes among industries is controversial. We also now know that industrial magnitudes of this term can be, and are, important. Therefore it is of critical significance to distinguish this term when performing an analysis of output effects changes based on the expression $\Delta_S$ in formula (A.25). Some concrete examples of this distinction, from the viewpoint of industrial productivity policy implications, are given in Chapters 5 and 6.

There is one other development of decomposition analysis that can be shown. It should be clear that

both the input effects change row vector $\Delta_I'$ and the output effects change column vector $\Delta_S$ come from the same input-output effects change matrix – namely:

$$\text{(A.26)} \quad \widehat{\Delta \ell}(A - \hat{a} + B) + \hat{\ell}(\Delta B)$$

The column sums of the matrix (A.26) yield the row vector $\Delta_I'$, and the row summations of the matrix yield the column vector $\Delta_S$. Indeed, each element of the matrix (A.26) represents simultaneously both an input effects change and an output effects change. Table A-4 exhibits the complete matrix for the 40 industries of our analysis during 1961-76. Thus, each element of this matrix is an input effects change "captured" by the industry (number) denoted in the column headings. At the same time, each element is an output effects change "transmitted" by the industry denoted in the row heading. The total input effects row (last row) repeats the results already given in Table A-2; the total output effects column (last column) repeats the results given in Table A-3. Since this matrix itself is a summation of two matrices, one of which – namely, $\hat{\ell}(\Delta B)$ – is somewhat difficult to interpret, one must therefore be careful in utilizing the individual elements of the total matrix. Some important examples of such utilization are offered in Chapter 6.

## A Modification of Decomposition Analysis

This section explains a minor modification of the decomposition procedure that is used in Chapters 4 and 5 to establish certain productivity growth results. The modification arises because of the peculiar nature of the International trade industry, which is a pure exchange industry rather than a production industry. This industry has no direct labour input; therefore, the last element (actually, element number 40) of the direct labour coefficient row vector $\ell'$ is zero. This fact *per se* raises no difficulty in the basic calculation:

$$\text{(A.14)} \quad \lambda' = \ell'(I - A)^{-1}$$

nor in the change over time vector:

$$\text{(A.19)} \quad \Delta\lambda' = \lambda_2' - \lambda_1'$$

Thus, all calculations with respect to total labour requirements (per unit of output), total labour productivity levels, and total labour productivity growth rates remain unmodified. However, a difficulty does arise when considering the decomposition expression for the own effects change:

$$\text{(A.21)} \quad \Delta_D' = \Delta\ell'(I + \hat{a}) + \ell'(\Delta A)$$

with respect to the term $\ell'(\Delta A)$. Since the last element of the row vector $\ell'$ is always zero, this means that the term is not sensitive to any positive or negative components in the last row of the matrix $\Delta A$. We know from the basic I-O model (A.11) that this last row comes from:

$$A_{21} = i'\hat{\mu}(B + C) + i^{*\prime}N$$

and:

$$A_{22} = 0$$

so the last row of matrix $\Delta A$ accounts for all changes over time in total imported intermediate input coefficients. Thus, for example, an industry that has increased its consumption of imported intermediate inputs *ceteris paribus* is not "penalized" by this arrangement in terms of lower own effects productivity growth, since the immediate labour weight transformation is zero. Therefore, it is desirable to create an "artificial" nonzero direct labour coefficient for the International trade industry, which can be reasonably utilized in decomposition analysis. Note that we maintain the convention that the change over time in this artificial direct labour coefficient is zero, since this convention creates no difficulty.

For time period number one, the International trade direct labour coefficient scalar is set equal to:[6]

$$\text{(A.27)} \quad \ell_{(40)1} = \ell_1' \begin{bmatrix} (Da)_1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

where $(Da)_1$, using the formulations following (A.11), is merely the last column vector of the matrix $A$ in period one. Note that $(Da)_1$ represents the industry composition pattern vector of total exports in time period one and so $i'(Da)_1$ = unity. Also, since the International trade industry essentially "produces" imports in exchange for exports, the formulation (A.27) seems eminently reasonable – a weighted average of all industries' direct labour coefficients with weights proportional to the relative importance

Table A-4

Matrix Decomposition of Input Effects and Output Effects Contributions to Total Labour Requirement Changes, in Man-Years per One Million Dollars* of Output, 40 Industries, 1961-76

| | Industry number | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 Agriculture | -8.12 | -3.59 | -3.84 | -2.06 | -2.00 | -3.69 | -4.98 | -40.16 | -34.68 | -6.04 |
| 2 Forestry | -1.08 | -0.41 | -0.73 | -0.41 | -0.40 | -0.97 | -0.98 | -1.29 | -1.40 | -1.29 |
| 3 Fishing and hunting | -0.09 | -0.03 | -0.05 | -0.01 | -0.02 | -0.05 | -0.10 | -0.08 | -0.08 | -0.09 |
| 4 Metal mines | -0.74 | -0.26 | -0.31 | -0.23 | -0.25 | -0.49 | -0.78 | -0.71 | -0.55 | -0.74 |
| 5 Mineral fuels | -0.37 | -0.11 | -0.05 | -0.02 | -0.04 | -0.28 | -0.28 | -0.25 | -0.18 | -0.17 |
| 6 Nonmetal mines | -0.22 | -0.05 | -0.08 | -0.12 | -0.05 | -0.11 | -0.25 | -0.15 | -0.11 | -0.19 |
| 7 Services to mining | 0.09 | 0.09 | 0.14 | 0.44 | 0.48 | 0.24 | 0.05 | 0.07 | 0.06 | 0.07 |
| 8 Food and beverages | -1.68 | -0.36 | -0.22 | -0.19 | -0.19 | -0.42 | -0.64 | -0.95 | -0.80 | -0.71 |
| 9 Tobacco products | -0.02 | -0.01 | -0.01 | -0.01 | -0.01 | -0.01 | -0.02 | -0.02 | -0.54 | -0.02 |
| 10 Rubber and plastics | -0.03 | -0.02 | 0.21 | 0.01 | 0.03 | -0.10 | -0.19 | -0.03 | -0.02 | 0.07 |
| 11 Leather products | -0.05 | -0.02 | -0.02 | -0.02 | -0.01 | -0.04 | -0.05 | -0.05 | -0.04 | -0.27 |
| 12 Textiles | -0.32 | -0.15 | -0.69 | -0.04 | -0.02 | -0.34 | -0.23 | -0.34 | -0.41 | -1.90 |
| 13 Knitting mills | -0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.00 | -0.00 | -0.01 | -0.00 | -0.00 | -0.30 |
| 14 Clothing | -0.01 | -0.01 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | -0.02 | -0.04 | -0.01 | -0.00 | -0.10 |
| 15 Wood products | -0.83 | -0.33 | -0.43 | -0.23 | -0.21 | -0.61 | -0.87 | -0.78 | -0.63 | -0.79 |
| 16 Furniture and fixtures | -0.05 | -0.03 | 0.00 | -0.01 | -0.02 | -0.06 | -0.09 | -0.06 | -0.06 | -0.06 |
| 17 Paper and allied products | -1.08 | -0.36 | -0.33 | -0.23 | -0.27 | -0.89 | -1.18 | -1.36 | -1.51 | -1.45 |
| 18 Printing and publishing | -0.52 | -0.42 | -0.16 | -0.27 | -0.30 | -0.56 | -0.81 | -0.81 | -0.94 | -0.86 |
| 19 Primary metals | -1.00 | -0.31 | -0.21 | -0.26 | -0.22 | -0.61 | -1.18 | -0.92 | -0.70 | -0.94 |
| 20 Metal fabricating | -0.57 | -0.40 | 0.06 | -0.21 | -0.08 | -0.49 | -0.86 | -0.72 | -0.36 | -0.50 |
| 21 Machinery | -1.02 | -0.28 | -1.38 | -0.33 | -0.30 | -0.54 | -0.84 | -0.80 | -0.68 | -0.47 |
| 22 Transportation equipment | -0.35 | 0.05 | -0.09 | 0.28 | 0.16 | 0.05 | -0.40 | 0.02 | 0.17 | 0.49 |
| 23 Electrical products | -0.46 | -0.34 | -0.52 | -0.22 | -0.21 | -0.46 | -0.86 | -0.43 | -0.31 | -0.43 |
| 24 Nonmetallic mineral products | -0.23 | -0.12 | -0.03 | -0.12 | -0.01 | -0.20 | -0.28 | -0.33 | -0.16 | -0.23 |
| 25 Petroleum and coal products | -0.17 | -0.07 | -0.12 | -0.03 | -0.02 | -0.10 | -0.11 | -0.14 | -0.10 | -0.05 |
| 26 Chemicals | -0.87 | -0.24 | -0.10 | -0.42 | -0.16 | -0.67 | -0.65 | -0.69 | -0.43 | -2.49 |
| 27 Miscellaneous manufacturing | -0.19 | -0.14 | -0.13 | -0.08 | -0.07 | -0.22 | -0.29 | -0.23 | -0.22 | -0.25 |
| 28 Construction | -1.73 | -1.28 | -0.39 | -1.15 | -1.85 | -1.81 | -2.27 | -1.46 | -1.20 | -1.24 |
| 29 Transportation and storage | -3.17 | -4.63 | -1.46 | -1.21 | -0.97 | -2.50 | -4.16 | -4.04 | -2.85 | -3.48 |
| 30 Communications | -0.53 | -0.19 | -0.04 | -0.03 | -0.24 | -0.40 | -0.91 | -0.61 | -0.57 | -0.80 |
| 31 Electric power and gas | -0.20 | -0.01 | 0.07 | -0.21 | -0.19 | -0.34 | -0.25 | -0.12 | -0.07 | -0.20 |
| 32 Wholesale trade | -1.57 | -0.54 | -0.22 | -0.35 | -0.16 | -1.09 | -1.63 | -1.39 | -0.92 | -1.15 |
| 33 Retail trade | -0.87 | -0.53 | -0.23 | -0.19 | -0.09 | -0.75 | -1.05 | -1.03 | -0.65 | -0.64 |
| 34 Finance, insurance, and real estate | -0.04 | 0.37 | 0.49 | 0.45 | 0.36 | 0.08 | -0.36 | -0.07 | -0.02 | -0.08 |
| 35 Education and health | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 36 Amusement and recreation | -0.01 | -0.00 | 0.03 | 0.01 | -0.01 | -0.01 | -0.05 | -0.03 | -0.03 | -0.04 |
| 37 Services to business | 0.65 | 0.79 | 1.32 | 0.84 | 0.84 | 0.50 | -0.00 | 0.57 | 0.53 | 0.46 |
| 38 Accommodation and food | -0.09 | 0.06 | 0.10 | 0.08 | 0.07 | -0.03 | -0.10 | 0.02 | 0.09 | -0.02 |
| 39 Other personal services | 0.23 | 1.21 | 0.67 | 0.65 | 0.41 | 0.71 | 0.28 | 0.26 | 0.21 | 0.24 |
| 40 International trade | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Total input effects | -27.30 | -12.68 | -8.68 | -5.88 | -6.04 | -17.27 | -27.40 | -59.16 | -50.14 | -26.68 |

Table A-4 (cont'd)

| | Industry number | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1 Agriculture | -8.90 | -8.27 | -6.76 | -6.82 | -5.09 | -4.43 | -4.56 | -2.70 | -5.09 | -4.56 |
| 2 Forestry | -0.95 | -1.60 | -1.37 | -1.07 | -10.98 | -2.46 | -5.29 | -1.61 | -0.97 | -0.96 |
| 3 Fishing and hunting | -0.15 | -0.13 | -0.10 | -0.08 | -0.03 | -0.05 | -0.03 | -0.03 | -0.06 | -0.07 |
| 4 Metal mines | -0.43 | -1.00 | -0.80 | -0.64 | -0.27 | -0.61 | -0.36 | -0.26 | -4.91 | -1.89 |
| 5 Mineral fuels | -0.11 | -0.23 | -0.18 | -0.12 | -0.12 | -0.11 | -0.12 | -0.06 | -0.28 | -0.19 |
| 6 Nonmetal mines | -0.10 | -0.25 | -0.19 | -0.14 | -0.06 | -0.11 | -0.14 | -0.06 | -0.20 | -0.15 |
| 7 Services to mining | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.07 | 0.10 | 0.05 | 0.22 | 0.09 |
| 8 Food and beverages | -1.81 | -0.88 | -0.71 | -0.56 | -0.40 | -0.43 | -0.40 | -0.25 | -0.46 | -0.47 |
| 9 Tobacco products | -0.02 | -0.03 | -0.02 | -0.02 | -0.01 | -0.01 | -0.01 | -0.01 | -0.02 | -0.02 |
| 10 Rubber and plastics | -1.41 | -0.15 | 0.03 | 0.07 | -0.00 | -0.58 | -0.00 | 0.05 | 0.09 | -0.02 |
| 11 Leather products | -2.82 | -0.08 | -0.15 | -0.14 | -0.02 | -0.11 | -0.03 | -0.02 | -0.04 | -0.04 |
| 12 Textiles | -1.13 | -2.18 | -12.06 | -7.86 | -0.12 | -1.71 | -0.40 | -0.20 | -0.08 | -0.13 |
| 13 Knitting mills | -0.12 | -0.67 | -0.07 | -1.80 | 0.00 | -0.35 | 0.00 | -0.01 | 0.01 | 0.00 |
| 14 Clothing | -0.18 | -0.59 | -1.14 | -0.12 | -0.00 | -0.01 | -0.00 | -0.00 | 0.01 | -0.00 |
| 15 Wood products | -0.55 | -1.10 | -0.88 | -0.66 | -0.67 | -2.46 | -1.01 | -0.09 | -0.69 | -0.71 |
| 16 Furniture and fixtures | -0.05 | -0.13 | -0.13 | -0.06 | -0.09 | -0.05 | -0.07 | -0.08 | -0.04 | -0.07 |
| 17 Paper and allied products | -0.94 | -1.85 | -1.57 | -1.13 | -0.42 | -0.88 | -0.59 | -1.99 | -0.87 | -0.92 |
| 18 Printing and publishing | -0.77 | -0.76 | -0.76 | -0.55 | -0.41 | -0.54 | -0.52 | -0.37 | -0.34 | -0.51 |
| 19 Primary metals | -0.51 | -1.29 | -1.03 | -0.77 | -0.31 | -0.76 | -0.42 | -0.30 | -0.87 | -2.44 |
| 20 Metal fabricating | -0.43 | -0.44 | -0.31 | -0.09 | -0.42 | -1.17 | -0.30 | -0.14 | -0.39 | -0.50 |
| 21 Machinery | -0.31 | -0.62 | -0.51 | -0.23 | -0.24 | -0.27 | -0.40 | -0.19 | -0.57 | -0.53 |
| 22 Transportation equipment | 0.55 | 0.58 | 0.66 | 0.90 | 0.10 | 0.43 | 0.47 | 0.35 | 0.63 | 0.26 |
| 23 Electrical products | -0.30 | -0.52 | -0.45 | -0.24 | -0.31 | -0.46 | -0.33 | -0.24 | -0.33 | -0.60 |
| 24 Nonmetallic mineral products | -0.15 | -0.26 | -0.21 | -0.14 | -0.18 | -0.25 | -0.18 | -0.09 | -0.30 | -0.25 |
| 25 Petroleum and coal products | -0.05 | -0.07 | -0.06 | -0.04 | -0.06 | -0.04 | -0.07 | -0.01 | -0.06 | -0.05 |
| 26 Chemicals | -0.70 | -1.26 | -0.90 | -0.46 | -0.35 | -0.54 | -0.58 | -0.31 | -0.50 | -0.48 |
| 27 Miscellaneous manufacturing | -0.42 | -0.40 | -0.21 | -0.40 | -0.12 | -0.35 | -0.14 | -0.15 | -0.17 | -0.17 |
| 28 Construction | -0.95 | -1.49 | -1.32 | -0.87 | -1.15 | -0.95 | -1.19 | -0.72 | -1.40 | -1.09 |
| 29 Transportation and storage | -2.75 | -4.06 | -3.42 | -2.52 | -3.20 | -2.65 | -3.42 | -1.98 | -3.04 | -2.68 |
| 30 Communications | -0.72 | -0.71 | -0.76 | -0.54 | -0.33 | -0.57 | -0.32 | -1.09 | -0.25 | -0.60 |
| 31 Electric power and gas | -0.11 | -0.25 | 0.20 | -0.09 | -0.12 | -0.10 | -0.34 | -0.09 | -0.27 | -0.15 |
| 32 Wholesale trade | -1.57 | -1.53 | -1.13 | -0.93 | -0.79 | -1.12 | -0.54 | -0.36 | -0.84 | -0.89 |
| 33 Retail trade | -1.30 | -0.79 | -0.82 | -0.56 | -0.36 | -0.37 | -0.26 | -0.23 | -0.07 | -0.38 |
| 34 Finance, insurance, and real estate | -0.04 | -0.20 | -0.31 | -0.01 | 0.11 | 0.02 | 0.17 | 0.10 | 0.21 | -0.01 |
| 35 Education and health | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 36 Amusement and recreation | -0.03 | -0.01 | -0.00 | 0.01 | -0.01 | -0.02 | -0.00 | -0.05 | 0.01 | -0.03 |
| 37 Services to business | 0.46 | 0.46 | 0.33 | 0.63 | 0.64 | 0.56 | 0.81 | 0.46 | 0.99 | 0.49 |
| 38 Accommodation and food | -0.08 | -0.09 | -0.13 | -0.01 | 0.01 | -0.00 | 0.04 | 0.11 | 0.03 | -0.01 |
| 39 Other personal services | 0.28 | 0.15 | 0.04 | 0.16 | 0.56 | 0.25 | 0.55 | 0.35 | 0.64 | 0.36 |
| 40 International trade | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Total input effects | -29.48 | -32.65 | -37.60 | -27.81 | -25.15 | -23.19 | -19.88 | -12.22 | -20.28 | -20.33 |

Table A-4 (cont'd)

| | Industry number | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 1 Agriculture | -4.09 | -6.93 | -4.98 | -4.34 | -9.70 | -6.48 | -4.55 | -4.04 | -3.35 | -3.34 |
| 2 Forestry | -0.79 | -1.29 | -1.02 | -1.00 | -1.77 | -1.33 | -1.42 | -1.53 | -0.77 | -0.81 |
| 3 Fishing and hunting | -0.04 | -0.07 | -0.08 | -0.06 | -0.16 | -0.10 | -0.06 | -0.06 | -0.05 | -0.06 |
| 4 Metal mines | -0.98 | -1.23 | -1.42 | -0.69 | -1.28 | -0.73 | -1.13 | -0.91 | -0.52 | -0.63 |
| 5 Mineral fuels | -0.11 | -0.15 | -0.17 | -0.28 | -4.35 | -0.32 | -0.13 | -0.17 | -0.23 | -0.13 |
| 6 Nonmetal mines | -0.12 | -0.18 | -0.17 | -1.07 | -0.32 | -0.39 | -0.14 | -0.24 | -0.13 | -0.14 |
| 7 Services to mining | 0.09 | 0.10 | 0.06 | 0.11 | 0.47 | 0.12 | 0.07 | 0.15 | 0.07 | 0.04 |
| 8 Food and beverages | -0.35 | -0.59 | -0.53 | -0.48 | -0.97 | -0.90 | -0.48 | -0.40 | -0.36 | -0.38 |
| 9 Tobacco products | -0.01 | -0.03 | -0.02 | -0.02 | -0.04 | -0.02 | -0.02 | -0.01 | -0.01 | -0.01 |
| 10 Rubber and plastics | -0.09 | -0.35 | -0.26 | -0.09 | 0.12 | -0.14 | -0.23 | -0.15 | -0.22 | -0.13 |
| 11 Leather products | -0.03 | -0.07 | -0.05 | -0.04 | -0.08 | -0.05 | -0.16 | -0.04 | -0.04 | -0.03 |
| 12 Textiles | -0.07 | -0.54 | -0.24 | -0.25 | -0.14 | -0.31 | -0.62 | -0.23 | -0.19 | -0.16 |
| 13 Knitting mills | 0.01 | -0.00 | -0.01 | -0.01 | 0.00 | -0.00 | -0.06 | 0.00 | -0.00 | -0.00 |
| 14 Clothing | 0.02 | 0.02 | -0.01 | -0.01 | 0.01 | -0.01 | -0.01 | -0.01 | -0.02 | -0.01 |
| 15 Wood products | -0.47 | -0.80 | -0.73 | -0.65 | -1.40 | -0.75 | -0.95 | -1.69 | -0.79 | -0.86 |
| 16 Furniture and fixtures | -0.07 | -0.07 | -0.14 | -0.09 | -0.04 | -0.08 | -0.06 | -0.10 | -0.08 | -0.12 |
| 17 Paper and allied products | -0.61 | -1.11 | -1.08 | -1.05 | -1.95 | -1.44 | -0.93 | -0.80 | -0.68 | -0.78 |
| 18 Printing and publishing | -0.47 | -0.56 | -0.66 | -0.58 | -0.50 | -1.07 | -0.72 | -0.41 | -0.46 | -0.62 |
| 19 Primary metals | -1.24 | -1.63 | -1.81 | -0.74 | -1.62 | -0.92 | -1.08 | -1.03 | -0.78 | -0.98 |
| 20 Metal fabricating | -1.20 | -1.11 | -1.08 | -0.55 | -0.36 | -0.69 | -0.75 | -1.69 | -0.78 | -0.88 |
| 21 Machinery | -0.04 | -0.29 | -0.60 | -0.45 | -0.46 | -0.49 | -0.31 | -0.47 | -0.34 | -0.39 |
| 22 Transportation equipment | 0.63 | 0.57 | 0.29 | 0.11 | 0.88 | 0.46 | 0.47 | 0.14 | -0.81 | -0.06 |
| 23 Electrical products | -1.11 | -0.81 | -0.74 | -0.47 | -0.37 | -0.46 | -0.56 | -0.99 | -0.61 | -3.27 |
| 24 Nonmetallic mineral products | -0.13 | -0.44 | -0.33 | -0.31 | -0.24 | -0.38 | -0.33 | -1.11 | -0.40 | -0.43 |
| 25 Petroleum and coal products | -0.03 | -0.05 | -0.05 | -0.08 | -0.05 | -0.12 | -0.05 | -0.06 | -0.14 | -0.06 |
| 26 Chemicals | -0.28 | -0.48 | -0.65 | -0.57 | -0.91 | -0.58 | -0.80 | -0.42 | -0.33 | -0.36 |
| 27 Miscellaneous manufacturing | -0.11 | -0.27 | -0.25 | -0.26 | -0.23 | -0.32 | -0.08 | -0.24 | -0.24 | -0.25 |
| 28 Construction | -0.79 | -1.17 | -1.16 | -1.33 | -1.21 | -1.36 | -1.01 | -0.80 | -2.17 | -2.59 |
| 29 Transportation and storage | -1.99 | -3.06 | -2.89 | -3.42 | -5.55 | -4.05 | -2.64 | -2.77 | -1.67 | -3.67 |
| 30 Communications | -0.60 | -0.53 | -1.00 | -0.56 | -0.40 | -0.96 | -0.80 | -0.39 | -0.87 | -0.46 |
| 31 Electric power and gas | -0.06 | -0.11 | -0.16 | -0.36 | -0.20 | -0.36 | -0.13 | -0.09 | -0.13 | -0.15 |
| 32 Wholesale trade | -0.62 | -0.71 | -1.02 | -1.06 | -0.54 | -1.19 | -0.93 | -1.26 | -1.15 | -1.20 |
| 33 Retail trade | -0.22 | -0.43 | -0.50 | -0.63 | -0.37 | -0.68 | -0.46 | -0.58 | -0.83 | -0.82 |
| 34 Finance, insurance, and real estate | 0.11 | 0.06 | -0.16 | -0.00 | 0.24 | 0.09 | 0.03 | 0.04 | -0.01 | -0.39 |
| 35 Education and health | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 36 Amusement and recreation | -0.02 | -0.01 | -0.05 | -0.02 | 0.00 | -0.06 | -0.04 | -0.01 | -0.02 | -0.60 |
| 37 Services to business | 0.72 | 0.87 | 0.38 | 0.47 | 1.66 | 0.61 | 0.52 | 0.38 | 0.37 | 0.03 |
| 38 Accommodation and food | 0.05 | -0.04 | -0.03 | -0.01 | 0.05 | 0.08 | 0.09 | -0.04 | 0.04 | -0.11 |
| 39 Other personal services | 0.35 | 0.30 | 0.22 | 0.47 | 0.43 | 0.42 | 0.27 | 0.45 | 0.49 | -0.08 |
| 40 International trade | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Total input effects | -14.67 | -23.19 | -23.05 | -20.37 | -31.37 | -24.96 | -20.21 | -21.58 | -18.18 | -24.91 |

Table A-4 (concl'd)

| | Industry number | | | | | | | | | | Total output effects |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | |
| 1 Agriculture | -2.08 | -2.57 | -6.69 | -1.1 | -1.5 | -1.8 | -1.2 | -9.7 | -2.1 | -16.4 | -263.51 |
| 2 Forestry | -0.61 | -0.57 | -0.55 | -0.2 | -0.2 | -0.3 | -0.2 | -0.5 | -0.6 | -3.7 | -55.67 |
| 3 Fishing and hunting | -0.02 | -0.05 | -0.04 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.1 | -2.44 |
| 4 Metal mines | -0.33 | -0.31 | -0.30 | -0.1 | -0.1 | -0.1 | -0.0 | -0.2 | -0.1 | -2.7 | -30.27 |
| 5 Mineral fuels | -0.06 | -0.13 | -0.12 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.6 | -10.46 |
| 6 Nonmetal mines | -0.07 | -0.07 | -0.07 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.5 | -6.59 |
| 7 Services to mining | 0.14 | 0.02 | 0.02 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 4.46 |
| 8 Food and beverages | -0.16 | -0.35 | -0.39 | -0.1 | -0.1 | -0.1 | -0.1 | -2.3 | -0.2 | -1.4 | -23.51 |
| 9 Tobacco products | -0.01 | -0.01 | -0.01 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -1.15 |
| 10 Rubber and plastics | 0.04 | -0.10 | -0.10 | -0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.0 | 0.0 | -3.68 |
| 11 Leather products | -0.01 | -0.03 | -0.02 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.1 | -4.97 |
| 12 Textiles | -0.03 | -0.19 | -0.20 | -0.0 | -0.1 | -0.0 | -0.0 | -0.3 | -0.3 | -0.4 | -34.93 |
| 13 Knitting mills | 0.00 | -0.01 | -0.01 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.0 | -0.0 | -3.38 |
| 14 Clothing | 0.01 | -0.02 | -0.11 | -0.0 | -0.0 | 0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -2.45 |
| 15 Wood products | -0.66 | -0.41 | -0.39 | -0.1 | -0.1 | -0.1 | -0.0 | -0.2 | -0.4 | -1.9 | -28.33 |
| 16 Furniture and fixtures | -0.08 | -0.06 | -0.06 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -2.64 |
| 17 Paper and allied products | -0.29 | -0.64 | -0.61 | -0.2 | -0.2 | -0.1 | -0.1 | -0.4 | -0.2 | -2.2 | -35.53 |
| 18 Printing and publishing | -0.24 | -0.73 | -0.54 | -0.3 | -0.3 | -0.7 | -0.3 | -0.3 | -0.3 | -0.6 | -21.84 |
| 19 Primary metals | -0.48 | -0.44 | -0.44 | -0.1 | -0.1 | -0.1 | -0.1 | -0.2 | -0.1 | -1.4 | -30.71 |
| 20 Metal fabricating | -0.62 | -0.42 | -0.39 | -0.1 | -0.1 | -0.2 | -0.0 | -0.1 | -0.1 | -0.5 | -20.29 |
| 21 Machinery | -0.24 | -0.26 | -0.33 | -0.1 | -0.1 | -0.1 | -0.0 | -0.2 | -0.1 | -1.1 | -17.05 |
| 22 Transportation equipment | 0.32 | -0.20 | -0.20 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | -0.0 | 0.1 | 0.1 | -2.9 | 5.46 |
| 23 Electrical products | -1.23 | -0.40 | -0.43 | -0.2 | -0.2 | -0.2 | -0.1 | -0.1 | -0.2 | -0.7 | -21.49 |
| 24 Nonmetallic mineral products | -0.38 | -0.14 | -0.14 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.1 | -0.0 | -0.3 | -9.24 |
| 25 Petroleum and coal products | -0.05 | -0.06 | -0.06 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.1 | -2.56 |
| 26 Chemicals | -0.27 | -0.25 | -0.26 | -0.0 | -0.3 | -0.1 | -0.0 | -0.1 | -0.7 | -0.9 | -21.40 |
| 27 Miscellaneous manufacturing | -0.16 | -0.16 | -0.16 | -0.0 | -0.2 | -0.6 | -0.0 | -0.1 | -0.2 | -0.3 | -8.87 |
| 28 Construction | -3.04 | -1.04 | -1.07 | -0.9 | -0.4 | -0.7 | -0.3 | -0.4 | -0.4 | -2.0 | -49.59 |
| 29 Transportation and storage | -1.30 | -2.78 | -1.88 | -0.7 | -0.8 | -1.1 | -0.7 | -1.4 | -1.0 | -6.0 | -107.83 |
| 30 Communications | -0.28 | -1.42 | -1.22 | -0.9 | -1.3 | -0.6 | -0.9 | -0.3 | -0.4 | -0.5 | -24.91 |
| 31 Electric power and gas | 0.01 | -0.13 | -0.23 | -0.0 | -0.0 | -0.1 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | -0.2 | -6.04 |
| 32 Wholesale trade | -0.55 | -0.47 | -0.76 | -0.2 | -0.3 | -0.2 | -0.1 | -0.5 | -0.4 | -1.4 | -33.47 |
| 33 Retail trade | -0.27 | -0.65 | -0.38 | -0.2 | -0.3 | -0.8 | -0.3 | -0.8 | -0.4 | -0.7 | -21.72 |
| 34 Finance, insurance, and real estate | 0.14 | -0.13 | -0.13 | 0.1 | 0.1 | -0.0 | 0.2 | 0.2 | 0.1 | -0.1 | 1.80 |
| 35 Education and health | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.06 |
| 36 Amusement and recreation | -0.00 | -0.08 | -0.08 | -0.0 | -0.0 | -0.8 | -0.0 | -0.1 | -0.0 | -0.0 | -2.36 |
| 37 Services to business | 0.63 | 0.05 | 0.14 | 0.3 | 0.3 | 0.5 | 0.4 | 0.6 | 0.4 | 1.1 | 23.15 |
| 38 Accommodation and food | 0.03 | 0.11 | 0.04 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | -0.0 | 0.68 |
| 39 Other personal services | 0.23 | 0.25 | 0.18 | 0.2 | 0.5 | 0.6 | 0.4 | 0.3 | 0.1 | 0.2 | 14.75 |
| 40 International trade | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.00 |
| Total input effects | -11.95 | -14.81 | -17.97 | -5.5 | -6.9 | -8.3 | -4.4 | -17.9 | -8.5 | -49.5 | -858.50 |

'Contant 1971 dollars

SOURCE Based on data from Statistics Canada and Tables 3-1 and 3-2

of the industries' exports in total exports. Similarly for time period number two, we set:

$$(A.28) \quad \ell_{(40)2} = \ell_2' \begin{bmatrix} (Da)_2 \\ 0 \end{bmatrix}$$

with the notation and meaning entirely analogous to that explained for time period one. Then the artificial direct labour coefficient for international trade as used in our modification procedure is simply:

$$(A.29) \quad \ell_{(40)} = \tfrac{1}{2}(\ell_{(40)1} + \ell_{(40)2})$$

Now we define a new row vector:

$$(A.30) \quad {}^{\bullet}\ell' = (0, \ldots, 0, \ell_{(40)})$$

which in our case consists of all zero elements (actually 39 zero elements) followed by the artificial direct labour coefficient from (A.29). We are now prepared to state the complete modified decomposition formulae:

$$(A.31) \quad {}^{\bullet}\Delta_D' = \Delta\ell'(I + \hat{a}) + \ell'(\Delta A) + {}^{\bullet}\ell'(\Delta A)$$

$$(A.32) \quad {}^{\bullet}\Delta_I' = \Delta\ell'(A - \hat{a} + B) + \ell'(\Delta B) - {}^{\bullet}\ell'(\Delta A)$$

$$(A.33) \quad {}^{\bullet}\Delta_S = \widehat{\Delta\ell}(A - \hat{a} + B)i + \hat{\ell}(\Delta B)i - \widehat{{}^{\bullet}\ell}(\Delta A)i$$

It is easily seen from (A.30) and (A.31) that the modified expression for own effects change ${}^{\bullet}\Delta_D'$ is now sensitive to any industry changes in total imported intermediate input coefficients and that this sensitivity is in the correct direction and of a reasonable magnitude. The modified input effects change expression ${}^{\bullet}\Delta_I'$ in (A.32) follows directly from the requirement that:

$${}^{\bullet}\Delta_D' + {}^{\bullet}\Delta_I' = \Delta\lambda' = \lambda_2' - \lambda_1'$$

Finally, the new modified expression for output effects change ${}^{\bullet}\Delta_S$ in (A.33) satisfies the identity:

$$i'{}^{\bullet}\Delta_S = {}^{\bullet}\Delta_I' i$$

In fact, it is easily seen that all industrial component elements of the column vector ${}^{\bullet}\Delta_S$ remain unchanged as a result of the modification except for the International trade industry's output effects, which entirely absorb the modifications (previously, with $\Delta_S$ as in (A.25), the International trade industry's output effects change was identically zero).

The impacts of the modification to the empirical results of the decomposition analysis are generally very small. So the modification is applied in the text only in cases where more sensitivity of the decomposition results is required – for example, in Chapter 4. A complete comparison of unmodified estimates with modified productivity estimates can be found in Chapter 5. Again, all total labour productivity results are unaffected by the modification described in this section.

## The Mathematics of Research and Development Analysis

The research and development (R & D) analysis of Chapter 4 is based on estimates of each industry's total (direct plus indirect) R & D content per unit of output delivered to final demand. The statistical sources of R & D raw data together with the transformations required to yield R & D input estimates are discussed in Appendix B. The purpose of this section is to show the mathematical formulae used to produce total R & D content calculations and their decomposition.

In Chapter 4, it is stated that a R & D content analysis is similar to an analysis of total labour requirements (per unit of output), but there are subtle differences in orientation. Briefly, the row vector of total R & D content per unit of output is simply:

$$(A.34) \quad \rho' = r'(I - A_{11}^{\bullet})^{-1}$$

where $r'$ is a row vector of direct R & D coefficients for each production industry (there are 39) of the analysis (each coefficient is the ratio of industry R & D input to industry gross output) and the matrix $A_{11}^{\bullet}$ comes from a modification of the basic input-output model described in the first section, where now:

$$(A.35) \quad A_{11}^{\bullet} = D(B + C)$$

using the notation following basic equation (A.11). In effect, then, the modification abstracts from International trade. We do not wish to assume that the R & D

content of Canadian intermediate imports is ultimately derived from the R & D content of Canadian exports; at the same time, we do not have direct observations on the R & D embodied in Canadian intermediate and physical capital replacement imports. The modification (A.35) essentially implies that the R & D content of Canadian imports is equivalent to the R & D contents of the outputs of Canadian (domestic) import-competing industries that are displaced by competitive imports. (Our experiments show that this is the most effective and pragmatic assumption in terms of the regression analysis in Chapter 4.)

For about 10 production industries, the direct R & D coefficients in the row vector $r'$ are zero. Thus, the formulation in (A.34) and (A.35) is somewhat analogous to the row vector of total labour requirements per unit of output given in equation (A.14) above. However, when considering a decomposition analysis of formula (A.34), as used in Chapter 4, a difference becomes apparent. R & D analysis is solely concerned with tracing the industrial origin of each industry's total R & D content. We are not interested in an industry's total R & D requirements leading to an R & D "productivity" analysis. Because of this difference in orientation, it is possible and reasonable to define the industries' direct and own R & D contents per unit of output as simply the direct R & D input coefficient row vector $r'$. Then the row vector of indirect R & D content per unit of output, or the indirect R & D input coefficient row vector, becomes:

$$(A.36) \quad r'(I - A^*_{11})^{-1} - r' = r'(I - A^*_{11})^{-1}A^*_{11}$$

Note that the decomposition is now more straightforward: direct R & D coefficients and indirect R & D coefficients are well-defined at each point in time, and the transformation into changes over time and corresponding growth rates is easy to perform. Clearly, using $r'$ and (A.36), it is evident that the simple total of the direct R & D coefficients and the indirect R & D coefficients satisfies condition (A.34). The difference between the decomposition treatment of total labour requirements and total R & D contents is one example of various definitions that can be applied in I-O analysis (see Parikh, 1975, for a more general account).

It is again possible to translate the row vector of indirect R & D input coefficients (A.36) into a column vector of indirect R & D output coefficients by:

$$(A.37) \quad \hat{r}(I - A^*_{11})^{-1}A^*_{11}i$$

where $\hat{r}$ is a diagonal matrix composed of the direct R & D coefficients in its diagonal array, and $i$ is a column vector of unities. However, for the growth rate analysis performed in Chapter 4, it turns out that the R & D direct input growth rates calculated from $r'$ are strongly correlated with the R & D indirect output coefficient growth rates estimated using (A.37). This is not surprising, since the elements of the column vector:

$$(I - A^*_{11})^{-1}A^*_{11}i$$

change very little over time relative to the elements of the row vector $r'$.

Finally, it should be noted that the R & D analysis performed in Chapter 4 is carried out with respect to both intramural and extramural R & D in Canada during 1966-76.

## An Extension of the Basic Model

In Chapter 6, an extended calculation concerning total labour requirements per unit of output delivered to final demand is described. The extension involves incorporating the labour equivalent of physical capital interest and dividend payments from the operating surplus on the production account into the basic calculation. It is easy to extend the basic model to account for this additional factor although, as we shall see, the incorporation is effected by an alternative (and equivalent) procedure. The model could be simply extended, with basic equation (A.2) becoming:

$$(A.2a) \quad q + m = Bg + Cg + Rg + e^* + x$$

where matrix $R$ is formed from:

$$(A.38) \quad R = K\hat{p}$$

where $K$ represents a net physical capital stock pattern matrix (disaggregated according to the commodity of origin and the industry of destination of the capital stock) so that $i'K = i'$; $\hat{p}$ is a diagonal matrix formed from the elements of vector $p$, each of which represents the ratio of total interest and dividend payments to total gross output, for each respective industry; and $e^* = e - Rg$. All other equations of the basic model remain unchanged. If this extension is carried out, then the row vector of total labour requirements per unit of output, formerly (A.14), now becomes:

(A.14a) $\lambda^{*\prime} = \ell'(I - A^*)^{-1}$

where:

$$A^* = \begin{pmatrix} A^*_{11} & A_{12} \\ A^*_{21} & A_{22} \end{pmatrix}$$

and:

$$A^*_{11} = D(I - \hat{\mu})(B + C + R)$$
$$A^*_{21} = i'\hat{\mu}(B + C + R) + i^{*\prime}N$$

$A_{12}$ and $A_{22}$ are the same as before.

This procedure, however, is not utilized in the actual calculations reported in Table 6-1. Instead, we work directly with the original $A$ matrix is as follows.

Consider an alternative procedure in which the original $A$ matrix is augmented by the following matrix bordering arrangement:

(A.39) $$E = \begin{pmatrix} A & Q \\ P & O \end{pmatrix}$$

where:

$$Q = \begin{bmatrix} D(I - \hat{\mu})K \\ i'\hat{\mu}K \end{bmatrix}$$

and:

$$P = (\hat{p}\ o)$$

noting that the diagonal matrix $\hat{p}$ must also be augmented to conform with matrix $A$, and that the additional column contains all zeros (representing zero interest payments for the International trade "exchange" industry, which has no effect on our analysis). Now suppose the extended total labour requirements calculation is performed as:

(A.40) $\lambda^{**\prime} = \ell^{**\prime}(I - E)^{-1}$

where:

(A.41) $\ell^{**\prime} = (\ell', 0, \ldots 0)$

In our case, there will be 39 zeros added on. We may also write:

(A.42) $\lambda^{**\prime} = (\lambda^{**\prime}_1, \lambda^{**\prime}_2)$

where the first subvector contains 40 elements, and the second subvector contains 39 elements in our case. The key issue now is:

(A.43) $\lambda^{*\prime} \stackrel{?}{=} \lambda^{**\prime}_1$

If this equality holds, then we could obtain the results for the extended labour requirements more directly and without modifying the original $A$ matrix. Indeed, the augmented $E$ matrix (A.39) itself has an economic interpretation sometimes utilized in I-O analysis.

It is straightforward to see, since our interest focuses only on the subvector $\lambda^{**\prime}_1$ in $\lambda^{**\prime}$ of (A.42), that the proof of conjecture in equality (A.43) depends on the northwest corner submatrix in the inverse matrix expression $(I - E)^{-1}$, with $E$ coming from (A.39). Using the well-known partitioned inverse matrix formula in Almon (1967), it turns out that:

$$(I - E)^{-1} = \begin{bmatrix} (I - A) & -Q \\ -P & I \end{bmatrix}^{-1}$$

$$= \begin{pmatrix} F_{11} & F_{12} \\ F_{21} & F_{22} \end{pmatrix}$$

while:

$$F_{11} = (I - A)^{-1} + (I - A)^{-1} \times$$
$$\times\ Q\,[I - P(I - A)^{-1}\,Q]^{-1}\ P(I - A)^{-1}$$

We can further show that $F_{11}$ reduces to simply $(I - A - QP)^{-1}$, using a series of matrix algebra identities. Therefore, recalling (A.40) and (A.41), we find that:

$$\lambda^{**\prime}_1 = \ell'(I - A - QP)^{-1}$$

But:

$$QP = \begin{bmatrix} D(I - \hat{\mu})K \\ i'\hat{\mu}K \end{bmatrix}(\hat{p}\ o)$$

$$= \begin{bmatrix} D(I - \hat{\mu})K\hat{p} & o \\ i'\hat{\mu}K\hat{p} & o \end{bmatrix}$$

and:

$$K\hat{p} = R$$

So the proof of equality (A.43) is immediate, recalling the composition of matrix $A^*$ following (A.14a) and of matrix $A$ following the basic model formulation (A.11).

In Chapter 6, it is stated that the empirical results of the extended calculation for the years 1973 and 1978 should be regarded as experimental. The reason is that the required statistical data to form diagonal matrix $\hat{p}$ are only available for the year 1976 (at the time of writing); some adjustments of the 1976 data are performed to conform with available 1973 and 1978 data.[1] Also our statistical approximation of the required $K$ matrix for both 1973 and 1978 is rather crude. Indeed, to the $K$ matrix should also be added an inventory stock matrix disaggregated according to the commodity of origin and the industry of destination; but no such matrix or its approximation is currently available. It is, however, believed that the results displayed in Table 6-1 are not significantly biased by our adjustment and approximation methods.

# B Statistics

*by Leslie Wesa*

## Input-Output Data Requirements

Data were required from the Structural Analysis Division of Statistics Canada at various times during our work. Each request had to be satisfied six times – once each for 1961, 1966, 1971, 1973, 1976, and 1978. The valuation was always in 1971 constant prices, and the aggregation level was always a modified Aggregation M. It is assumed that the reader is familiar with the terminology used by the Structural Analysis Division of Statistics Canada. A description of their notation usually appears at the beginning of publications containing the (I-O) tables (see, for example, *The Input-Output Structure of the Canadian Economy, 1961-1974*, Statistics Canada, cat. no. 15-508E).

The aggregation was achieved by two important adjustments to the conventional I-O Aggregation M. First, Owner-occupied dwellings (corresponding to industry no. 34 and commodity no. 82) was completely removed. This implied that row 82 and column 34 of the (transposed) Make Matrix were eliminated, as were row 82 and column 34 of the Use Matrix, and the industries following in Aggregation M were subsequently renumbered accordingly, as indicated in the tables used throughout this study. Second, three dummy industries were eliminated, and integrated into the conventional real industry and commodity space. The three industries were Transportation margins (industry no. 41 and commodity no. 90), Operating, office, lab and food (industry no. 42 and commodity no. 91), and Travel and advertising, promotion (industry no. 43 and commodity no. 92). They were simply removed from the Make Matrix and the Use Matrix; but their real commodity input had to be reassigned to all other real industries according to the latters' commodity input use of the three dummy commodities. For Transportation margins, this reassignment was trivial, since there is a one-to-one correspondence (in the Aggregation M system) between the dummy commodity Transportation margins and the real commodity Transportation and storage (no. 74). For the two remaining dummy commodities, the reassignment was less trivial, and involved the preliminary step of forming a unit pattern vector of real commodity inputs into these two dummy industries. The pattern vectors were deployed to translate dummy commodity input of real industries into real commodity input, according to the magnitude of their dummy commodity input use, as revealed in the Use Matrix. The resulting "modified Aggregation M" consisted of 39 (43 minus 4) real industries and 88 (92 minus 4) real competitive commodities.

Our basic request consisted of two vectors and two matrices for each of the six years. The competitive import commodity coefficient vector $\mu$, implicitly defined as $m = \hat{\mu}(Bg + e^{\bullet} - a - v)$ for the 88 commodities, was necessary. Also required were the matrix products $D(I - \hat{\mu})B$ and $D\hat{\mu}B$, where $D$ is a domestic market share matrix and $B$ is an industry technology matrix, and where both matrix products are of the order of 39 x 39. Finally, we needed the export commodity unit pattern vector transformed into industry space – namely, $Da$, where $a = (i'x)^{-1}x$, where $x$ is restricted to allocated competitive commodity space.

## Derivation of the Capital Replacement Coefficient Matrix

Most of the calculations leading to the capital replacement coefficient matrix were completed at the Economic Council, although the original input data came from Statistics Canada. The first step towards this matrix was the generation of a ratio of total capital to output for each of the 39 industries in the modified Aggregation M. Gross fixed capital stock at mid-year in 1971 constant dollars was used to measure capital. It was retrieved from the CANSIM database, but it is also published annually in *Fixed Capital Flows and Stocks*, Statistics Canada, cat. no. 13-211. Building construction and Engineering construction were summed to get Construction capital stock; and Machinery and equipment and capital items charged to operating expenses were summed to get Machinery and equipment capital stock. The industrial disaggregation was quite

different from the modified Aggregation M; consequently several adjustments had to be made.

Table B-1 shows how the capital stock industries were mapped into the industries of Aggregation M. In two cases, the capital stock aggregation was finer than in Aggregation M. This was resolved by summing the components of the capital stock aggregation to yield Aggregation M in particular, Transportation and storage (no. 29) and Communications (no. 30). In the other cases, the capital stock aggregation was less detailed than in Aggregation M. For example, capital stock was only available for the whole of the mining sector, whereas it was needed for each of Metal mines (no. 4), Mineral fuels (no. 5), Nonmetal mines (no. 6), and Services to mining (no. 7). Rather than estimate capital stock for each of the components – something Statistics Canada did

Table B-1

Mapping of the Capital Stock Industry Aggregation into the Modified Industry Aggregation M

| Modified Aggregation M | Capital stock aggregation |
|---|---|
| 1 Agriculture | Agriculture |
| 2 Forestry | Forestry |
| 3 Fishing and hunting | Fishing |
| 4 Metal mines | Mining, quarries, and oil wells |
| 5 Mineral fuels | |
| 6 Nonmetal mines | |
| 7 Services to mining | |
| 8 Food and beverages | Food and beverages |
| 9 Tobacco products | Tobacco products |
| 10 Rubber and plastics | Rubber |
| 11 Leather products | Leather |
| 12 Textiles | Textiles |
| 13 Knitting mills | Knitting mills |
| 14 Clothing | Clothing |
| 15 Wood products | Wood products |
| 16 Furniture and fixtures | Furniture and fixtures |
| 17 Paper and allied products | Paper and allied products |
| 18 Printing and publishing | Printing and publishing |
| 19 Primary metals | Primary metals |
| 20 Metal fabricating | Metal fabricating |
| 21 Machinery | Machinery |
| 22 Transportation equipment | Transportation equipment |
| 23 Electrical products | Electrical products |
| 24 Nonmetallic mineral products | Nonmetallic mineral products |
| 25 Petroleum and coal products | Petroleum and coal products |
| 26 Chemicals | Chemicals |
| 27 Miscellaneous manufacturing | Miscellaneous manufacturing |
| 28 Construction | Construction |
| 29 Transportation and storage | Air transport |
| | Railway transport |
| | Water transport |
| | Motor transport |
| | Urban and suburban transport |
| | Pipelines |
| | Toll highways and bridges |
| | Grain elevators |
| | Warehousing |
| 30 Communications | Broadcasting |
| | Telephones |
| 31 Electric power and gas | Electric, light, power, and gas distribution |
| 32 Wholesale trade | Trade |
| 33 Retail trade | |
| 34 Finance, insurance, and real estate | Finance, insurance, and real estate |
| 35 Education and health | Commercial services |
| 36 Amusement and recreation | |
| 37 Services to business | |
| 38 Accommodation and food | |
| 39 Other personal services | |

SOURCE See text

not feel adequately informed to do – we considered only the total stock for the aggregate mining industry. When it came time to compute the ratios of capital to output, we took aggregate capital over aggregate output, and applied the same ratio to each of the components. Hence, we used one ratio for all four industries in the mining sector, one ratio for Wholesale trade (no. 32) and Retail trade (no. 33), and one ratio for Education and health (no. 35), Amusement and recreation (no. 36), Services to business (no. 37), Accommodation and food (no. 38), and Other personal services (no. 39). Note that Education and health (no. 35) has been assigned the same capital-to-output ratio as the commercial services sector. We did investigate Education and health in some detail, but we were unable to propose a ratio for it with sufficient confidence.

The denominator of each ratio corresponded to total output appearing in the I-O tables. One correction had to be made to Communications (no. 30). The capital stock measure for Communications did not include Post offices, and therefore the output of Post offices had to be subtracted from Communications output.

In order to allocate each of the 39 capital-to-output ratios over 39 industries, we needed a "capital matrix" showing final demand by each industry for capital from each industry. An approximation of this was received from Statistics Canada. We requested the value of commodity inputs (at Aggregation S) flowing into final demand for Construction and Machinery and equipment by industry (at Aggregation L). Item 46 of Aggregation S, Net indirect taxes, was to be set equal to zero. The data were to be in two forms – in 1971 constant dollars, with column totals also shown, and in normalized form – such that the sum of the elements in a column equaled unity. Unfortunately, we were unable to get the data in the requisite aggregation, and adjustments again became necessary. Table B-2 shows the mapping of commodities into Aggregation M, and Table B-3 shows the mapping of industries (that is, the columns) into Aggregation M in the cases where adjustments had to be made.

Since we had separate data on final demand by industry for Machinery and equipment and for Construction, the normalized capital matrix was of the order of 39 x 78. The first 39 columns, showing final demand for Machinery and equipment, had zero in row 28 and a value between (and including) zero and unity in all other rows. The last 39 columns, showing final demand for Construction, had unity in row 28 (corresponding to Construction) and zero in all other rows.

The Machinery and equipment capital-to-output ratio for industry $i$ could then be distributed according to the industrial distribution of demand for Machinery and equipment by industry $i$, that is, according to the coefficients in column $i$ of the normalized capital matrix. Similarly, the Construction capital-to-output ratio for industry $i$ could be distributed according to the coefficients in column $2i$ of the normalized capital matrix. This would imply that 100 per cent of the Construction capital-to-output ratio for industry $i$ would appear in row 28, column $2i$, of the new matrix. These operations were performed, and the final 39 columns of the new matrix were shifted to the left into the first 39 columns in order to yield a 39 x 39 "capital-output matrix."

Table B-2

Mapping of the Capital Matrix Commodities into Modified Industry Aggregation M

| Modified Aggregation M | Capital matrix commodities |
|---|---|
| 10 Rubber and plastics | Rubber, leather, and plastic fabricated products |
| 12 Textiles | Textile products |
| 15 Wood products | Lumber, sawmill, and other wood products |
| 16 Furniture and fixtures | Furniture and fixtures |
| 18 Printing and publishing | Printing and publishing |
| 20 Metal fabricating | Metal fabricated products |
| 21 Machinery | Machinery and equipment |
| 22 Transportation equipment | Autos, trucks, and other transportation equipment |
| 23 Electrical products | Electrical and communications products |
| 24 Nonmetallic mineral products | Nonmetallic mineral products |
| 27 Miscellaneous manufacturing | Miscellaneous manufactured products |
| 32 Wholesale trade | Wholesale margins |
| 33 Retail trade | Retail margins |
| 29 Transportation and storage | Transportation margins |

SOURCE See text

Table B-3

Mapping of the Capital Matrix Industries into Modified Industry Aggregation M, Special Cases Only

| Modified Aggregation M | Capital matrix industries |
|---|---|
| 1 Agriculture | Agriculture and fishing |
| | Agriculture and fishing |
| 3 Fishing and hunting | Mines, quarries, and oil wells |
| 4 Metal mines | Mines, quarries, and oil wells |
| 5 Mineral fuels | Mines, quarries, and oil wells |
| 6 Nonmetal mines | Mines, quarries, and oil wells |
| 7 Services to mining | Clothing and knitting |
| 13 Knitting mills | Clothing and knitting |
| 14 Clothing | Railway transport |
| 29 Transportation and storage | Urban transit |
| | Water transport |
| | Motor transport |
| | Grain elevators |
| | Air transport |
| 30 Communications | Telephones |
| | Broadcasting |
| 31 Electric power and gas | Electric power |
| | Gas distribution |
| 32 Wholesale trade | Trade |
| 33 Retail trade | Trade |
| 35 Education and health | Commercial services |
| 36 Amusement and recreation | Commercial services |
| 37 Services to business | Commercial services |
| 38 Accommodation and food | Commercial services |
| 39 Other personal services | Commercial services |

NOTES: Where the capital matrix industries were more aggregate than modified Aggregation M, the normalized column vector of the aggregate was replicated for each of the components. Where the capital matrix industries were more disaggregated than modified Aggregation M, the sum of each commodity input (in 1971 dollars) was taken over all the component industries. The resulting vector was normalized, and became the observation for the Aggregation M industry.

SOURCE: See text.

What we then had was a matrix showing capital stock in industry $j$ derived from industry $i$, relative to output of industry $j$. What we wanted was capital stock used by industry $j$ in year $t$ derived from industry $i$, relative to the output of industry $j$ – a "capital replacement coefficient matrix." This was reached by dividing each element of the capital-output matrix by a life assumption matrix. The latter was of the order of 39 x 39, and represented the life expectancy of each element in the capital-to-output ratio.

The life assumptions were drawn from three sources. For the industries Rubber and plastics (no. 10), Leather products (no. 11), Textiles (no. 12), Wood products (no. 15), Furniture and fixtures (no. 16), Printing and publishing (no. 18), Metal fabricating (no. 20), most of Transportation equipment (no. 22), Electrical products (no. 23), Nonmetallic mineral products (no. 24), and Chemicals (no. 26), the life assumptions were inferred from an earlier study by Postner (1979), which required similar assumptions, or from a study by Grosse (1953), which made assumptions for selected U.S. industries. For most of these industries, the service life assumed for capital derived from the industry was the same, regardless of which industry used it.

For Machinery (no. 21), part of Transportation equipment (no. 22), and Construction (no. 28), the values were derived from data appearing in *Fixed Capital Flows and Stocks*, Statistics Canada, cat. no. 13-211. The service life of capital from each of these three industries differed, depending on which industry used it. In some cases, the information was very detailed. In Agriculture (no. 1), for example, different service lives were foreseen for Passenger vehicles and for Commercial vehicles. The service life of capital from Transportation equipment into Agriculture was then calculated as a weighted average of the two service lives, where the weights were the relative proportions of Passenger vehicles and Commercial vehicles in Agriculture's capital stock. Building construction and Engineering construction also had different service lives for most industries, and the resolution of a service life for Construction (no. 28) was handled in a similar manner.

The life assumptions for capital flowing from Transportation and storage (no. 29), Wholesale trade

(no. 32), and Retail trade (no. 33) into industry *j* were calculated as a weighted average of the service lives of the Machinery and equipment (not Construction capital) of the other capital-supplying industries to industry *j*. The weights were determined by the relative importance of the capital-supplying industries, as indicated by the normalized capital matrix.

We performed a few checks on the capital replacement coefficient matrix implied by our set of life assumptions, and judged the expected service lives for Transportation equipment (no. 22) to be too short. The life expectancy for capital flowing from this industry was therefore increased by 30 per cent across all recipient industries.

One of the checks compared the product of the capital replacement coefficient matrix and the vector of gross outputs with the vector of final demand by business for Machinery and equipment and for Construction. Data for the two vectors were available from the published I-O tables. Essentially, this is a comparison of annual replacement investment satisfied by an industry relative to total gross annual investment satified by that industry. A ratio of about 0.5 was considered reasonable, and a ratio exceeding unity impossible.

Another check involved a comparison of the vector of column totals of the capital replacement coefficient matrix and a vector of the ratio of operating surplus to gross output (both of which were measured in current dollars). Other operating surplus appears in the Use Matrix of the I-O tables. It includes capital consumption allowances, profits and other investment income, and inventory valuation adjustments. As such, the ratio of operating surplus to gross output should exceed the column total of the capital replacement coefficient matrix in the case of each industry. Fishing and hunting (no. 3) broke this rule by a fairly large margin, thereby flagging this as an industry posing a potential problem. Adjustments were made to Fishing and hunting in a subsequent stage – more particularly, the values appearing in column 3, rows 21 (Machinery) and 40 (International trade) were reduced by one-third in the interindustry coefficient matrix.

## Alternate Measures of Labour Input

We did a fair amount of investigation before we made a decision on what measure of labour input to use. For our basic calculations, we chose "man-years employed." It is not the best measure of labour input from a conceptual point of view, but it is the measure used by the Structural Analysis Division at Statistics Canada, and it has therefore already been adjusted to meet the needs of the I-O data. The fact that it is in the same industrial aggregation saved us from making adjustments and assumptions in order to get the breakdowns to correspond.

Essentially, "man-years employed" in any given industry is the sum of "paid workers" and "other than paid workers" less employment in "own account construction." The latter is reallocated to the Construction industry. A paid worker is a person drawing pay for services rendered or for paid absence during the survey reference week and for whom an employer makes Canada/Quebec Pension Plan and/or Unemployment Insurance contributions. It includes full-time employees, part-time employees (those who regularly work fewer hours than the standard work week of the firm), and casual employees (those who are hired for discontinuous periods and who have worked at least seven hours during the reference period). It includes employees working for part of the reference period but unemployed or on strike for the rest. It does not include persons providing services to an establishment on a contract basis. Data on paid workers were drawn from a variety of sources, depending on the industry. *Estimates of Employees by Province and Industry*, Statistics Canada, cat. no. 72-008, was the source for industries engaged in forestry, construction, transportation, communication and other utilities, trade, finance, insurance, and real estate, and community, business and personal services. *Manufacturing Industries of Canada: National and Provincial Areas*, Statistics Canada, cat. no. 31-203, was the source for the manufacturing sector; *General Review of the Mineral Industries*, Statistics Canada, cat. no. 26-201, for the mining sector; and *The Labour Force*, Statistics Canada, cat. no. 71-001, for industries engaged in agriculture and fishing and trapping.

Workers other than paid workers include the self-employed, unpaid family workers, and working owners and partners of unincorporated businesses and professional practices. Data for most industries were provided by special tabulations by the Labour Force Survey Division. In the case of the manufacturing sector, data covering workers other than paid workers were taken from *Manufacturing Industries of Canada, National and Provincial Areas*, Statistics Canada, cat. no. 31-203, under "working owners and partners." For the mining sector, the data were obtained from the decennial censuses.

The sum of paid workers and other than paid workers yielded total employment in an industry, including those employed in construction within the industry. An estimate of "own account construction" employment was derived as follows. Total wages and

salaries in industry *i* were divided by paid workers in industry *i* to yield average wages and salaries in *i*. Assuming that construction workers were paid at the same rate as other workers within the industry, wages and salaries paid to own account construction workers were divided by average wages and salaries to give employment in own account construction in industry *i*. This figure was then subtracted from total employment in industry *i* and added to employment in the Construction industry.

Also included within the business sector part of the Construction industry was employment in government sector construction and government own account construction and employment in personal sector own account construction.

The drawbacks in using "man-years employed" are as follows. Included within the measure are those who work less than the standard work week (part-time), those who work for discontinuous periods (casual), and those who are absent for part of the survey reference period (due to strike, illness, or vacation). No allowance is made for employees who work overtime. In the case of a multiple job holder, the individual is recorded on the payroll records of each of his employers and, if both his jobs are in the same industry, there is double counting of employees. Failure to consider such circumstances results in some distortion of the actual labour input.

A better measure of labour service is "man-hours worked." It is the sum of man-hours spent at the place of employment by persons employed. It is an improvement, since it reflects only the hours actually worked by part-time and casual persons and captures hours spent in overtime. It also excludes hours for which payment is made but during which no work is done – time on vacation, illness, accident, or jury duty.

In the case of nonmanufacturing industries, "man-hours worked" was calculated as the product of the number of persons employed and the average number of hours worked in each year. Average hours worked were obtained from tabulations by the Labour Force Survey Division. Estimates were made independently for paid workers and other than paid workers, and, for the period since 1975, the latter class was further divided into self-employed and unpaid family workers. In the case of the manufacturing industries, "man-hours worked" was calculated as the sum of man-hours worked by production workers, man-hours worked by salaried employees, and man-hours worked by other than paid workers. The source for the first component was *Manufacturing Industries of Canada: National*, Statistics Canada, cat. no. 31-203, and for the second component, *Employment, Earnings and Hours*, Statistics Canada, cat. no. 72-002, and *Labour Costs in Canada: Manufacturing*, Statistics Canada, cat. no. 72-612. The third component was the product of other than paid workers in each manufacturing industry and average hours worked per year in all manufacturing by other than paid workers. The source here was *The Labour Force*, Statistics Canada, cat. no. 71-001.

## Calculation of Traditional Productivity Growth Measures

Traditional productivity levels and growth rates were calculated for comparison with the measures derived from our analysis. For a given year, the traditional productivity level was calculated as gross domestic product at factor cost for that year, divided by employment.[2] Data for the numerator were available from the Use Matrix of the I-O tables, and data for the denominator were the same as used in our productivity measures.

## Derivation of an R&D Stock

Data on R & D expenditures by industry are published by the Education, Science and Culture Division of Statistics Canada and, in recent years, appear in *Annual Review of Science Statistics*, Statistics Canada, cat. no. 13-212. Publication of the data began in 1955, but getting consistent time-series of expenditures by industry is very difficult. Statistics Canada has varied its presentation of the data over the years – neither the industrial aggregation nor the definition of "R & D expenditures" has remained constant. To illustrate the change in definition, only current R & D expenditures are available for 1955 and 1956, while, for subsequent years, these are combined with capital R & D expenditures to produce a total. Also, R & D expenditures funded by government R & D prime contracts are not included for 1955 and 1956, but they are included for later years. There has been a lack of consistency in reporting procedures: reporting units change, firms shift from industry to industry, and data are revised from year to year. With considerable interpolation and extrapolation of data, we were able to construct a series of R & D expenditures at a suitable disaggregation by industry from 1957 on.

R & D expenditure data were much less disaggregated for the R & D industries than were the data for the 39 I-O industries in our model. We were able to relate only 15 of the I-O manufacturing industries to the R & D industries, with the fifteenth being Miscellaneous manufacturing (no. 27) and being judged so rough a match as to not warrant inclusion. The breakdown of R & D by nonmanufacturing industries was very limited. In 1955, there were three groups: Mining, quarrying, and oil wells; Transportation,

storage, communication, and public utilities; and Other nonmanufacturing. For 1976, only one additional category was available: the primary industries category was divided into Mines and Gas and oil wells.[3]

Industries not covered by the R & D data included those engaged in agriculture, forestry, fishing and trapping, trade, finance, insurance, real estate, and community (some of the) business, and personal service industries. Statistics Canada found the activities of these industries to involve little or no R & D.

Table B-4 shows how the R & D expenditure industry groups have been mapped into the I-O industry groups.

Table B-4

Mapping of R & D (Intramural) Expenditure Industry Groupings into 15 I-O Manufacturing Industry Groupings

| I-O manufacturing industry | R & D expenditure manufacturing industry | Date | Remarks |
|---|---|---|---|
| 8 Food and beverages | Food and beverages | 1957-70 | |
| | Food, beverages, and tobacco | 1971-76 | An estimate of R & D expenditures by the tobacco industry was made. This amount was then reallocated to another I-O manufacturing industry. |
| 10 Rubber and plastics | Rubber | 1957-70 | |
| | Rubber and plastic products | 1971-76 | |
| 12 Textiles | Textiles | 1957-76 | |
| 15 Wood products | Wood products | 1957-59 | R & D expenditures for Wood industries and Furniture and fixtures were shown as a total under Wood products. An estimate of the Wood industry component was made to correspond to I-O industry 15. |
| | Wood | 1960-71 | |
| | Wood | 1972-76 | R & D expenditures for Wood industries and Furniture and fixtures were again shown as a total under Wood. An estimate of the Wood industry component was made to correspond to I-O industry 15. |
| 16 Furniture and fixtures | Wood products | 1957-59 | R & D expenditures for Wood industries and Furniture and fixtures were shown as a total under wood products. An estimate of the Furniture and fixtures component was made to correspond to I-O industry 16. |
| | Furniture and fixtures | 1960-71 | |
| | Wood | 1972-76 | Same correction applied as over 1957-59. |
| 17 Paper and allied products | Paper | 1957-72 | |
| | Wood-based | 1973-76 | In recent publications, Paper and allied products industry R & D expenditures were grouped with other Wood-based expenditures. An estimate of that component was made to correspond to I-O industry 17. |
| 19 Primary metals | Iron and steel products and Nonferrous metal products | 1957-58 | R & D expenditures were grouped as Iron and steel products and Nonferrous metal products. These combined groups encompassed I-O industries 19, 20, and 21. An estimate for I-O industry 19 was based on the percentage distribution of the three groups in 1959. |
| | Primary metals | 1959-62 | |
| | Primary metals (ferrous) plus Primary metals (nonferrous) | 1963-76 | R & D expenditures by Primary metals industries were published separately for ferrous and nonferrous metals. To correspond to I-O industry 19, the two were added. |
| 20 Metal fabricating | Iron and steel products and Nonferrous metal products | 1957-58 | Same adjustment applied as for I-O industry 19 during that period. |
| | Metal fabricating | 1959-76 | |

Table B-4 (concl'd)

| I-O manufacturing industry | R & D expenditure manufacturing industry | Date | Remarks |
|---|---|---|---|
| 21 Machinery | Iron and steel products and Nonferrous metal products | 1957-58 | Same adjustment applied as for I-O industry 19 during that period. |
| | Machinery | 1959-70 | |
| | Business machines and Other machinery | 1971-76 | R & D expenditures were published separately for Business machines and Other machinery. The two were summed to reach an estimate for I-O industry 21. |
| 22 Transportation equipment | Transportation equipment | 1957-62 | |
| | Aircraft and parts and Other transportation equipment | 1963-76 | R & D expenditure are published separately for Aircraft and parts and Other transportation equipment. The two were summed to reach an estimate for I-O industry 22. |
| 23 Electrical products | Electrical products | 1957-76 | |
| 24 Nonmetallic mineral products | Nonmetallic mineral products | 1957-76 | |
| 25 Petroleum and coal products | Petroleum and coal products | 1957-62 | |
| | Petroleum products | 1963-76 | |
| 26 Chemicals | Chemical and chemical products | 1957-62 | |
| | Drugs and medicines and Other chemical products | 1963-76 | R & D expenditures were published separately for Drugs and medicines and Other chemical products. The two were summed to reach an estimate for I-O industry 26. |
| 27 Miscellaneous manufacturing | Other manufacturing | 1957-64 | R & D expenditures by Other manufacturing industries included R & D by Tobacco, Leather, Printing and publishing, Knitting and clothing mills, in addition to the I-O industry 27 Miscellaneous manufacturing. No attempt was made to match these industries, as it was judged that the estimate would be too crude. |
| | Scientific and professional instruments and Other manufacturing | 1965-76 | |

SOURCE See text.

R & D expenditures are classified as intramural or extramural. The former refers to expenditures for work performed within the reporting company, and the latter covers expenditures for work performed outside the reporting company by other firms and organizations. Extramural payments may be made to organizations within Canada or outside Canada. The simple sum of intramural and extramural does not yield total R & D expenditures, since there exists some minor double-counting. R & D performed within one reporting company, but funded by another reporting company, may be included twice. Table B-5 indicates relative magnitudes of these types of expenditures during selected years.

Statistics Canada also distinguishes between current R & D expenditures and capital R & D expenditures. Current expenditures cover labour costs and other current costs, such as noncapital purchases of materials, supplies, and equipment, but exclude capital depreciation. Capital expenditures cover expenditures on fixed assets used in the R & D program: land, buildings, instruments, and technology. Our analysis deals with the sum of the two.

Several steps were involved in the conversion of annual R & D expenditures into an R & D stock. We began by deflating the R & D expenditure series by the gross national expenditures Implicit Price Index for Machinery and equipment. This having been done, we selected a depreciation rate of 10 per cent, and assumed that R & D expenditures in the first observed year, 1957, were only adequate to cover depreciation in that year. With data on R & D expenditures (in 1971 dollars) known, the R & D stock in 1957 would be the product of R & D expenditures

Table B-5

R & D Expenditure by All Canadian Firms, Selected Years, 1961-76

| | Intramural | | | Extramural | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Current | Capital | Total | Inside Canada | Outside Canada | Total |
| | (Millions of dollars*) | | | | | |
| 1961 | 114.0 | 13.5 | 127.5 | 4.3 | 31.2 | 35.5 |
| 1966 | 266.4 | 50.7 | 317.1 | 13.8 | 30.8 | 44.6 |
| 1971 | 401.3 | 63.2 | 464.5 | 31.5 | 51.6 | 83.1 |
| 1976 | 674.0 | 70.0 | 744.0 | 71.8 | 81.0 | 152.8 |

*Current dollars.

SOURCE *Industrial Research and Development Expenditures in Canada*, Statistics Canada, cat. no. 13-532, 1967. *Annual Review of Science Statistics*, Statistics Canada, cat. no. 13-212, 1978. *Standard Industrial R & D Tables 1972-1981*, Science Statistics Centre, Statistics Canada, Ottawa, November 1981.

(1957) times 10. The R & D stock in 1958 would then be the sum of R & D expenditures in 1958 and the R & D stock in 1957 less 10 per cent of the 1957 R & D stock lost through depreciation. In all following years, R & D stock year $t$ would be the sum of R & D expenditures year $t$ and R & D stock year $(t - 1)$ less 10 per cent of the R & D stock year $(t - 1)$. During the procedure, care had to be taken that the base observation (R & D expenditure in 1957) was not so large as to cause a gross overestimate of R & D stock and an associated depreciation rate that exceeded annual R & D expenditures. If such a case arose, an average of several years' annual expenditures was used to derive a base observation, instead of using the 1957 value.

R & D stock series were generated for total intramural expenditures from 1957, for total extramural expenditures made outside Canada from 1963 (the earliest year possible), for the sum of total intramural and extramural expenditures made outside Canada from 1963 on, and for total extramural expenditures made both inside and outside Canada from 1963 on. Once the stock series became available, it was a straightforward procedure to calculate average annual growth rates between selected years.

## Sensitivity Tests

It is widely recognized that the measure of output in many service industries is inadequate. This is not without reason. It is not always clear what the commercial service industries produce. What is the output of banks, for example, or retail stores? Even assuming that this is settled, there remains the question of how to measure the volume of services produced over time and how to weight the relative importance of services within one industry. Market prices are generally used to weight the output of goods-producing industries, but explicit market prices are often not available for services. Such conceptual difficulties and data limitations prevent construction of the ideal measure of real value-added or net output. Instead, output indexes are developed from data relating to gross output, from employment data, and on the basis of the behaviour of other variables considered to be reasonable proxies for output.

In recent years, research has been under way to improve measures of service output. We were particularly interested in work relating to Finance, insurance, and real estate (no. 34). This covers banks and credit unions, insurance, other finance, and insurance, real estate, and government royalties on natural resources. Hirshhorn and Geehan (1977) (FIRE) propose a new methodology for measuring life insurance output, one analagous to that traditionally used for multi-product industries. Geehan and Allen (1978) make a similar proposal for savings and credit institutions. In an attempt to remove the suspected downward bias from our measure of output for this industry, we adjusted our data such that the rate of growth over the 1971-76 period was the same as that calculated by Geehan and Allen. Our rates of growth for 1961-66 and 1966-71 do not differ much from theirs; it is during the 1970s that the difference is most dramatic.

The ratio of the I-O 1976 output for FIRE to 1971 output was 1.272. The ratio of the output index as calculated by Geehan and Allen was 1.553. Their ratio was 1.221 times the I-O ratio. Assuming that the 1971 output levels were the same, this implied that the 1976 output level, as recorded by them, was 1.221 times the I-O level. This became our adjustment factor, and each time 1976 FIRE output appeared in our analysis, it was multiplied by 1.221. In particular, row 34 of the interindustry coefficient matrix was multiplied by 1.221; column 34 of the same matrix was divided by 1.221; and element 34 of the direct labour coefficient vector was divided by 1.221.

All matrix manipulations that were performed on the original data were then applied to the adjusted data.

## Aggregation of the Productivity Growth Rates

For each of our five productivity measures and for every pair of years, there were 40 growth rates – one per industry. To calculate a growth rate aggregated over all industries for each of the productivity measures, it was necessary to again request data from Statistics Canada. They provided us with a vector of final demand in industry space for each of the four years. It was calculated by summing across the columns of the final demand matrix of the I-O tables, ignoring the domestic exports, re-exports, and imports columns, and by converting the rows from commodity space to industry space. Imputed rent from owner-occupied dwellings (commodity no. 82) was eliminated, and Operating, office, lab, and food (commodity no. 91) and Travel, advertising, and promotion (commodity no. 92) were integrated into other industries.

It was necessary to make several adjustments to these four final demand vectors. First, capital replacement demand (depreciation) was subtracted from final demand. Second, final demand for imports was removed from each industry and reallocated to International trade (no. 40). Also put into this industry were noncompeting imports. These were approximated by the element in the noncompeting imports row and the nondurable consumer expenditure column of the final demand matrix. Third, to allow for unbalanced trade, the normalized export pattern vector for each year was multiplied by the balance of trade in that year, and was added to the vector created in step two. Finally, the adjusted final demand vector was normalized, and the components became the weights in the subsequent aggregations.

The aggregate total labour productivity growth rate was calculated by multiplying each element of the vector of direct plus indirect labour requirements $\lambda$ by its respective weight for each year, summing over all components of the resultant vector, taking the reciprocal, and calculating growth rates between the reciprocals in different years. To test for the impact of a change in weights on the growth rates, the vector of direct plus indirect labour coefficients for each year was aggregated not only according to the adjusted final demand weights of the corresponding year, but also according to the weights of the other three years. Rates of growth were then calculated between the reciprocal of the $\lambda$s from different years, but were aggregated according to the same weights.

The impact of the adjustment to FIRE on aggregate total labour productivity growth was measured by repeating this whole process, but using the vector of direct and indirect labour requirements derived for 1976 in the previous section. Similarly, the impact of using "man-hours worked" data, instead of "man-years employed" data, was checked by substituting the vector for $\lambda$ derived in that analysis.

The aggregation of the own effects, input effects, and output effects components and the total associated effects of the productivity growth rates was somewhat more complicated. To begin with, $\lambda$ in year $t$ was aggregated according to the weights in year $t$, and the reciprocal was taken. Then, the change in labour requirements over the period $t$ to $(t + 5)$ was added to $\lambda$ in year $t$. The 40 elements of the new vector were aggregated according to the weights in year $(t + 5)$, and the reciprocal was taken. The growth rates between the reciprocals were then calculated.

As a rough check on the calculations, the aggregate total labour productivity effect should approximate the sum of the aggregate own effects and input effects; and the aggregate total associated effects should approximate the sum of the aggregate own effects and output effects. The discrepancy in each case is the difference in aggregation weights between years $(t + 5)$ and $t$ multiplied by $\lambda_t$.

## Computer Program

All our programming needs were met by the Statistical Analysis System (SAS). This is an easy-to-use computer system with all the tools that we required for data analysis. These included information storage and retrieval, file handling, data modification and programming, and statistical analysis. Because of the nature of our work, one procedure within the package was particularly useful – namely, *PROC MATRIX*.

## Notes

### CHAPTER 2

1 Later in this study, and particularly in Chapter 6, we have much to say about the possibilities of performing the analysis at finer levels of industrial disaggregation.

2 Final demand, in our analysis, actually includes total consumer expenditures, total government (net) expenditures, total net fixed capital formation, and the international trade balance. The case for considering this study's final demand as final consumption is made in Scott (1979): net capital investment is a discounted future consumption and the trade balance is a form of net (dis)investment.

3 It must be noted that this formulation is a simplification of the more complete underlying input-output productivity model given in Appendix A. Also see comments to follow in this chapter.

4 The treatment of the international trade balance, either negative or positive, is explained in Appendix A. The Canadian trade balance of allocated commodities is never more than about 7 per cent (in absolute value) of either total commodity exports or total commodity imports during the time period analysed. The appendix I-O model also gives a full account of the adjustment required to reflect changes in international terms of trade.

5 Note that the presence of this factor tends to make traditionally measured industry productivity levels higher than productivity levels in corresponding industries measured using the alternative approach.

6 All productivity growth rates estimated in this study are rounded to the nearest decimal point; we do not claim any further significant accuracy.

7 The OECD *Economic Outlook* (July 1981) reports a separate average annual terms-of-trade productivity adjustment for Canada during 1972-75, worth 0.8 percentage points, using a different methodology.

8 The same cannot be said for the procedure in Nordhaus (1972), which concerns a similar problem.

9 For further details, see discussion in Chapter 6 and Tables 6-2 and 6-3.

### CHAPTER 3

1 The procedure is essentially based on Wolff (1979), but we have introduced many modifications of the original decomposition process – all of which is provided in Appendix A.

2 Our experimental measure refers mostly to the financial components of FIRE; see Geehan and Allen (1978). We assume that the real output adjustment of the financial components (official vs. experimental measures) carries through for all other components of FIRE as well. Clearly our empirical results should be regarded as tentative.

3 Note that the correct revised aggregation must also reflect changes in final demand weights, since FIRE is an important component of the underlying model's final demand sector.

4 The final demand weights used for aggregation in the "projected" year 1981 is assumed to be the same as the observed final demand weights in the base year 1976.

5 This explains why the aggregate output effects productivity growth rates do not equal the aggregate input effects growth rates in the various tables (particularly Table 3-7). If each industry's output effects are correctly decomposed into their distributed input effects, then the summation of all decomposed aggregate input effects growth rates equals the aggregate input effects productivity growth given in the various tables (aside from a very small interaction effects approximation).

### CHAPTER 4

1 There is some minor overlapping between the two "distinct" types of R & D; see Appendix B.

2 It should be noted that we are dealing here with multiple regression analysis, based on variable coefficients, rather than on constant coefficients; see Zellner (1962) and Postner (1971) for further discussion regarding implicit assumptions and a suggested interpretation.

3 The decompositon method used to yield the own effects component of productivity growth rates used in this chapter is a slight modification of the one described in Chapter 3. The rationale of the modification is explained in Chapter 5 and in Appendix A. It is argued that the modification produces productivity growth rates better suited to the purposes of the present R & D analysis.

4 A case can be made for also including an "indirect" ($k/g$) variable growth rate in the regression. Both the direct and indirect variables can be omitted, however,

if the own effects measure of productivity growth is extended to account for the labour-embodied cost of net physical capital stock input growth. Such an extension follows from the discussion in the last section of Appendix A. In this case, both physical capital replacement and physical capital expansion expenditures should be added to the current intermediate input matrix used to ultimately measure the indirect R & D contents, presumably yielding a full sensitivity to interindustry technology flows (see also Chapter 6). Clearly, then, the methodology of the present chapter is subject to improvement.

5 Since all "*t*" ratios except one in the empirical regression have absolute values greater than unity, there is little more to be gained in terms of "explanation" by successively eliminating the statistically insignificant variables; see Theil (1961) and Haitovsky (1969).

6 We cannot maintain both $r_1$ and $r_1^*$ in the regression, since the two R & D input variables are strongly correlated, though $r_1^*$ is more appropriate; similar comments apply to $r_3$ and $r_3^*$.

7 Northern Telecom and Bell-Northern both evidently "report" up the hierarchy through Bell Canada alone during the time period concerned.

8 The Canadian statistical R & D problem cannot be "swept under the rug" by appealing to the "law of large numbers."

## CHAPTER 5

1 It is generally permissible to compare total labour productivity growth rates in Table 5-1 with those in Table 2-1 and Table 2-4 (subperiod analysis); similarly, one could compare traditional labour productivity growth rates in Table 5-2 with those in Tables 2-3 and 2-5.

2 The aggregate productivity growth estimates to two decimal places for the two measures are 0.25 per cent and 0.27 per cent, respectively.

## CHAPTER 6

1 The following property applies both to total labour productivity levels and total labour productivity growth rates.

2 For example, we would argue that the theoretical assumptions ("producer equilibrium") usually underlying the translog-production function and productivity estimation are not satisfied (or approximately satisfied) by statistical observations generated by a central statistical agency. On the other hand, the "fixed coefficients" convention of input-output productivity analysis is entirely consistent with the commercial cost accountant's practice of estimating standard direct costs.

3 An increase in total (real) final consumption per capita does not necessarily raise economic welfare. The latter depends on distribution and the patterns of individual utility functions. There is a huge literature on this subject; see Chipman and Moore (1976) and Sen (1979). The safest course to guarantee a rise in economic welfare is the balanced productivity growth path described in the text. This path is essentially equivalent to the assumption of homothetic individual utility functions (income elasticities of final consumption commodities being unitary) – a necessary and sufficient condition for an increase in total (over all individuals and commodities) final consumption to always translate into an unambiguous rise in economic welfare.

4 Intuitively speaking, the special role of Transportation and storage is not surprising. It is an old economic development "trick" to emphasize an efficient transportation system. After a while, people begin saying, "All we have is efficient transportation, but it seems to help almost everything!" People, of course, are mainly interested in final consumption.

5 Actually, industrial physical capital stock is now increasingly rented rather than owned by the user industry; the gross rental service payments are part of Services to business or statistically assigned to Finance, insurance, and real estate. The incorporation of all input-output flows in our productivity analysis, together with the deployment of a physical capital stock matrix disaggregated by industry of origin and industry of destination, helps us avoid most of the problems associated with capital stock ownership and usage, as described in Garston (1983).

6 A similar technique can also be used to calculate the labour-embodied equivalent of depletion allowances with respect to Forestry (no. 2) and the four mining industries (nos. 4 to 7). Unfortunately, Canadian natural resource development expenditures are not capitalized, and their commodity composition are unknown, so this particular estimation cannot be reported at this time.

7 Consumption expenditures contain the commodity expenditures of Owner-occupied dwellings (see Chapter 2).

8 The case for considering this study's final demand as final consumption is made in Scott (1979): net capital investment is a discounted future consumption, and the trade balance is a form of net investment.

9 It is also potentially possible to endogenize the commodity sales of private nonprofit institutions, consolidated at present with personal consumption expenditures. Unfortunately, the required data are not available. But there are limits to "mixing" government and nonprofit institutions with the business sector.

10 The two tables are not entirely consistent. Aside from the difference in years, final demand weights in 1976 must be adjusted to reflect the endogenization of both physical capital replacement and interest payments (on the production account) in Table 6-1. If this is done, the final demand weight for Construction (no. 28) is affected most, and is adjusted downward.

11 Note that the objective of raising aggregate productivity levels may conflict with the ultimate goal of increasing economic welfare along the path described

earlier. In our view, the economic welfare goal should receive priority.

12 It should be noted, though, that there are severe measurement problems in "correctly" estimating total labour productivity levels in the service industries mentioned in this paragraph (see also the third section of Chapter 3).

## Appendix A

1 The dimension of the noncompetitive commodity vector is not necessarily equal to that of the competitive commodity vector. It is assumed that noncompetitive commodities do not contain capital goods and that noncompetitive commodities are not exported. These assumptions are consistent with Statistics Canada conventions.

2 Total Canadian re-exports equal less than 2 per cent of total exports over the 1971-78 period. It is also possible to extend the balance-of-trade equation (A.6) to account for competitive import tariff revenue. The model solution then becomes considerably more complicated, but still feasible. We implicitly exclude tariff revenue, and consider this variable as a primary (indirect tax) input of a final demand category.

3 The decomposition formula described by (A.20), (A.21), and (A.22) is essentially similar to a formula given in Wolff (1979). The modifications made in our study yield a more symmetrical approach. There are also differences between the Wolff basic I-O model and the one used in this study, the major difference being with respect to international trade. Later in this appendix, an adjustment to the decomposition formula is introduced and defended. Note that the terminology used to describe the decomposition components in this study is not the same as that in Wolff (1979).

4 Examples of this phenomenon are given below and in Chapter 6.

5 Other tables in Chapter 3 exhibit the transformed results of decomposition analysis, showing only the derived average annual growth rates.

6 If $A_{22} \neq 0$ (see formulations following equation (A.11)), as, for example, with re-exports distinguished, the following modification development becomes a little more complicated, but still feasible and defendable.

7 The adjustments are made on the basis of observed data for operating surpluses and gross outputs among the industries for the years 1973, 1976, and 1978. Note that an alternative is to choose relevant interest rates for the two years 1973 and 1978, and thus infer the elements of vector $p$, using total physical capital stock for each industry. This alternative procedure is implicitly used by Carter (1970, pp. 158-59) in another context.

## Appendix B

1 This notation is discussed in *The Input-Ouput Structure of the Canadian Economy, 1961-1974*, Statistics Canada, cat. no. 15-508E.

2 Traditional productivity growth rates are essentially the same, whether measured at factor cost or at (constant) market prices.

3 Subsequent to our analysis, a finer breakdown of the service industries was published for 1972-81. It separated out electrical power and engineering and scientific services.

## List of Tables


| | | |
|---|---|---|
| 2-1 | Total Labour Requirements (Direct and Indirect) in Man-Years per One Million Dollars of Output, 40 Industries, 1961 and 1976 | 7 |
| 2-2 | (Input-Output) Total Labour Productivity Level and Average Annual Growth Rate, 40 Industries, 1961-76 | 8 |
| 2-3 | Traditional Labour Productivity Level and Average Growth Rate, 39 Industries, 1961-76 | 9 |
| 2-4 | (Input-Output) Total Labour Productivity Average Annual Growth Rate, 40 Industries, 1961-1966, 1966-71, and 1971-76 | 10 |
| 2-5 | Traditional Labour Productivity Average Annual Growth Rates, 39 Industries, 1961-66, 1966-71, and 1971-76 | 11 |
| 2-6 | (Artificial) Aggregated Total Labour Productivity Annual Growth Rates Calculated from Constant and Variable Final Demand Weights, 1961-76 | 13 |
| 3-1 | Change in Total Labour Requirements Attributed to Own Effects or Input Effects, in Man-Years per One Million Dollars of Output, 40 Industries, 1961-76 | 16 |
| 3-2 | Change in Total Labour Requirements Transmitted to Other Industries as a Result of Industry Output Effects and Total Associated Effects, in Man-Years per One Million Dollars of Output, 40 Industries, 1961-76 | 18 |
| 3-3 | Decomposition of Total Labour Productivity Average Annual Growth Rate, 40 Industries, 1961-66 | 19 |
| 3-4 | Decomposition of Total Labour Productivity Average Annual Growth Rate, 40 Industries, 1966-71 | 21 |
| 3-5 | Decomposition of Total Labour Productivity Average Annual Growth Rate, 40 Industries, 1971-76 | 22 |
| 3-6 | Decomposition of Total Labour Productivity Average Annual Growth Rate, Revised with Respect to the Finance, Insurance, and Real Estate Industry, 40 Industries, 1971-76 | 24 |
| 3-7 | Decomposition of Total Labour Productivity Average Annual Growth Rate, Artificial Projection Exercise with 1976 Base, 40 Industries | 26 |
| 4-1 | Labour Productivity Growth Rates and Selected Components, 13 Manufacturing Industries, 1966-71 and 1971-76 | 31 |
| 5-1 | (Input-Output) Total Labour Productivity Level and Average Annual Growth Rate, 40 Industries, 1973-78 | 38 |

5-2 Traditional Labour Productivity Level and Average Annual Growth Rate, 39 Industries, 1973-78 39

5-3 Comparison of Two Measures of Average Annual Aggregate Labour Productivity Growth, 1966-71, 1971-76, and 1973-78 40

5-4 Decomposition of Total Labour Productivity Average Annual Growth Rate, 40 Industries, 1973-78 41

5-5 Modified Decomposition of Total Labour Productivity Average Annual Growth Rate, 40 Industries, 1973-78 42

5-6 Comparison of Average Annual Aggregate Measures of Two Industry Productivity Effects, 1961-66, 1966-71, 1971-76, and 1973-78 43

5-7 Decomposition of Output Effects Component Average Annual Growth Rate, 40 Industries, 1973-78 44

5-8 Associated Changes in Total Labour Requirements Contributed by Substitution Output Effects, in Man-Years per One Million Dollars of Output, Four Industries, 1961-76 and 1973-78 45

6-1 Extended Total Labour Productivity Level and Average Annual Growth Rate, 40 Industries, 1973-78 54

6-2 Actual Distribution of Final Demand Weights, 40 Industries, 1961 and 1976 55

6-3 (Labour) Transformed Distribution of Final Demand Weights, 40 Industries, 1961 and 1976 56

A-1 Decomposition of Change in Total Labour Requirements Due to Own Effects, in Man-Years per One Million Dollars of Output, 40 Industries, 1961-76 67

A-2 Decomposition of Change in Total Labour Requirements Due to Input Effects, in Man-Years per One Million Dollars of Output, 40 Industries, 1961-76 68

A-3 Decomposition of Transmission Change in Total Labour Requirements Associated with Output Effects, in Man-Years per One Million Dollars of Output, 40 Industries, 1961-76 69

A-4 Matrix Decomposition of Input Effects and Output Effects Contributions to Total Labour Requirement Changes, in Man-Years per One Million Dollars of Output, 40 Industries, 1961-76 71

B-1 Mapping of the Capital Stock Industry Aggregation into the Modified Industry Aggregation M 80

B-2 Mapping of the Capital Matrix Commodities into Modified Industry Aggregation M 81

B-3 Mapping of the Capital Matrix Industries into Modified Industry Aggregation M, Special Cases Only 82

B-4 Mapping of R & D (Intramural) Expenditure Industry Groupings into 15 I-O Manufacturing Industry Groupings 85

B-5 R & D Expenditure by All Canadian Firms, Selected Years, 1961-76 87

## Bibliography


ALMON, Clopper, Jr. 1967. *Matrix Methods in Economics*. Reading, Mass.: Addison-Wesley.

ARMSTRONG, Alan. 1974. *Structural Change in the British Economy, 1948-1968*. A Programme For Growth, edited by Richard Stone, vol. 12. New York: Halsted.

CARTER, Anne P. 1970. *Structural Change in the American Economy*. Studies in Technology and Society. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

CHIPMAN, John S., and MOORE, James C. 1976. "Why an Increase in GNP Need Not Imply an Improvement in Potential Welfare." *Kyklos* 29(3):391-418.

CLARK, Kim B., and GRILICHES, Zvi. 1982. "Productivity Growth and R & D at the Business Level: Results from the PIMS Data Base." National Bureau of Economic Research, Working Paper 916, Cambridge, Mass., June.

CLARK, Peter K. 1982. "Inflation and the Productivity Decline." *American Economic Review: Papers and Proceedings* 72(2):149-54.

DENISON, Edward Fulton. 1982. *The Sources of Economic Growth in the United States and the Alternatives before Us*. New York: Committee for Economic Development.

ECONOMIC COUNCIL OF CANADA. 1980. *Seventeenth Annual Review: A Climate of Uncertainty*. Ottawa: Supply and Services Canada.

———. 1983. *The Bottom Line: Technology, Trade, and Income Growth*. Ottawa: Supply and Services Canada.

GARSTON, Gordon J. 1983. "Canada's Capital Stock." Economic Council of Canada, Discussion Paper 226, Ottawa, February.

GEEHAN, Randall, and ALLEN, Len. 1978. "Measuring the Real Output and Productivity of Savings and Credit Institutions." *Canadian Journal of Economics* 11(4):669-79.

GRILICHES, Zvi. 1979. "Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth." *Bell Journal of Economics* 10(1):92-116.

GROSSE, Robert. 1953. "The Structure of Capital." In *Studies in the Structure of the American Economy*, edited by Wassily Leontief et al. New York: Oxford University Press.

HIRSHHORN, Ron, and GEEHAN, Randall. 1977. "Measuring the Real Output of the Life Insurance Industry." *The Review of Economics and Statistics* 59(2):211-19.

HAITOVSKY, Y. 1969. "A Note on the Maximization of $\bar{R}^2$." *American Statistician* 23(1):20-21.

JARRETT, J. Peter, and SELODY, Jack G. 1982. "The Productivity-Inflation Nexus in Canada, 1963-79." *Review of Economics and Statistics* 64(3):361-67.

LEONTIEF, Wassily. 1946. "Exports, Imports, Domestic Output and Employment." *Quarterly Journal of Economics* 60(2):171-97.

———. 1953. "Structural Change." In *Studies in the Structure of the American Economy*, by Wassily Leontief et al. New York: Oxford University Press.

———. 1967. "An Alternative to Aggregation in Input-Output Analysis and National Accounts." *Review of Economics and Statistics* 49(3):412-19.

MCFETRIDGE, D. G. 1977. *Government Support of Scientific Research and Development: An Economic Analysis*. Ontario Economic Council Research Study 8. Toronto: University of Toronto Press.

NORDHAUS, William D. 1972. "The Recent Productivity Slowdown." *Brookings Papers on Economic Activity* 1972(3):493-536.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. 1981. *Information Activities, Electronics and Telecommunications Technologies: Background Reports*. Information Computer Communications Policy 6, vol. 2. Paris: OECD.

PARIKH, A. 1975. "Various Definitions of Direct and Indirect Requirements in Input-Output Analysis." *Review of Economics and Statistics* 57(3):375-77.

PETERSON, William. 1979. "Total Factor Productivity in the U.K.: A Disaggregated Analysis." In *The Measurement of Capital*, edited by K. D. Patterson and Kerry Schott. London: Macmillan.

POSTNER, Harry H. 1971. *An Analysis of Canadian Manufacturing Productivity: Some Preliminary Results*. Economic Council of Canada, Staff Study 31. Ottawa: Information Canada.

———. 1979. "Canada and the Future of the International Economy: A Global Modeling Analysis." Economic Council of Canada, Discussion Paper 129, Ottawa.

———. 1982. "Problems of Identifying and Measuring Intermediate (Producer) Services in the Compilation and Use of Input-Output Tables." *Review of Income and Wealth* 28(2):217-41.

RITZ, Philip. 1980. *Definitions and Conventions of the 1972 Input-Output Study*. Bureau of Economic Analysis Staff Paper, U.S. Department of Commerce. Washington, D.C.: GPO.

RUGGLES, Richard, and RUGGLES, Nancy D. 1982. "Integrated Economic Accounts for the United States, 1947-80." *Survey of Current Business* (U.S. Department of Commerce) 62(5):1-53.

RYMES, T. K. 1982. "More on the Measurement of Total Factor Productivity." Carleton University, Carleton Economics Papers 82-06, Ottawa, April.

SCHANKERMAN, Mark. 1981. "The Effects of Double-Counting and Expensing on the Measured Returns to R & D." *Review of Economics and Statistics* 63(3):454-58.

SCHERER, F. M. 1982a. "Demand-Pull and Technological Invention: Schmookler Revisited." *Journal of Industrial Economics* 30(3):225-37.

———. 1982b. "Inter-Industry Technology Flows and Productivity Growth." *Review of Economics and Statistics* 64(4):627-34.

SCOTT, M.F.G. 1979. "What Price the National Income?" In *Economics and Human Welfare: Essays in Honour of Tibor Scitovsky*, edited by M. Boskin. New York: Academic Press.

SEN, Amartya. 1979. "The Welfare Basis of Real Income Comparisons: A Survey." *Journal of Economic Literature* 17(1):1-45.

SHARPE, Andrew. 1981. "A Disaggregated Analysis of Price Changes and Productivity in the Canadian Economy, 1961-76: A Labour Value Approach," unpublished paper available from author.

SKOLKA, Jiří V., ed. 1982. *Compilation of Input-Output Tables: Proceedings of a Conference, Gouvieux, France, August 16-22, 1981*. Berlin: Springer-Verlag.

STATISTICS CANADA. 1969. *The Input-Output Structure of the Canadian Economy, 1961: Volume I*. Statistics Canada, cat. no. 15-501, August.

———. 1982a. *The Input-Output Structure of the Canadian Economy, 1971-78*. Statistics Canada, cat. no. 15-201E, April.

———. 1982b. *The Input-Output Structure of the Canadian Economy in Constant Prices, 1971-78*. Statistics Canada, cat. no. 15-202E, May.

THEIL, Henri. 1961. *Economic Forecasts and Policy*. Amsterdam: North-Holland.

UNITED NATIONS. 1968. *A System of National Accounts*. Studies in Methods, Series F, no. 2, rev. 3. New York: UN.

WOLFF, Edward. 1979. "Productivity Impacts from Changing Technology in the U.S. Economy, 1947-1967." Paper presented at Seventh International Conference on Input-Output Techniques, Innsbruck, Austria, April 1979.

ZELLNER, Arnold. 1962. "Estimation of Cross-Section Relations: Analysis of a Common Specification Error." *Metroeconomica* 14(2):111-17.

Établi en 1963 par une Loi du Parlement, le **Conseil économique du Canada** est une corporation de la Couronne composée d'un président, de deux directeurs et d'au plus vingt-cinq autres membres, qui sont nommés par le gouverneur en conseil.

Le Conseil est un organisme consultatif indépendant dont le mandat lui enjoint de faire des études, donner des avis et dresser des rapports concernant une grande variété de questions rattachées au développement économique du Canada. Le Conseil est autorisé à entreprendre des études et des enquêtes, de sa propre initiative ou à la demande du Ministre, et à faire rapport de ses activités. Chaque année, il doit préparer et faire publier un exposé sur les perspectives et les problèmes économiques à long et à moyen termes. Il peut aussi faire publier les études et les rapports dont la publication lui semble opportune.

Le président est le directeur général du Conseil; il en surveille les travaux et en dirige le personnel. Les montants requis pour acquitter les dépenses du Conseil sont prélevés sur les crédits que le Parlement vote à cette fin.

En tant que personne morale, le Conseil assume l'entière responsabilité des *Exposés annuels*, ainsi que de certains autres rapports qui sont clairement désignés comme étant des *Rapports du Conseil*. Figurent également au nombre des publications du Conseil, les *Études, Documents* et *Comptes rendus de colloques*, qui sont explicitement *attribués à des auteurs particuliers* plutôt qu'au Conseil lui-même. Celui-ci établit une politique générale touchant ces textes, mais c'est au président qu'il incombe de prendre la décision finale de faire publier, sous les auspices du Conseil économique du Canada, les ouvrages à nom d'auteur tels que les études, documents et rapports de colloques. Pour se prononcer sur la qualité, l'exactitude et l'objectivité d'une étude ou d'un document attribué à son auteur, le président est conseillé par les deux directeurs. De plus, dans le cas des *études à nom d'auteur*, le président et les deux directeurs sollicitent l'avis de lecteurs extérieurs spécialisés, qui font un rapport confidentiel sur la qualité de ces ouvrages. Le fait de publier une étude ou un document à nom d'auteur ne signifie pas que le président ou les membres du Conseil souscrivent aux conclusions ou recommandations contenues dans l'ouvrage, mais plutôt que l'analyse est jugée d'une qualité suffisante pour être portée à l'attention du public.

# La croissance de la productivité

## Les auteurs

### *Harry H. Postner*

M. Postner fait partie du personnel de recherche du Conseil économique du Canada. Il détient un doctorat de l'Université du Minnesota. Il est l'auteur d'études sur la productivité, le commerce international et le chômage. Il est membre actif de l'Association internationale de recherches sur le revenu et la fortune et a présenté des conférences sur l'analyse interindustrielle et la comptabilité nationale en Autriche, en France et au Luxembourg.

### *Leslie Wesa*

Mme Wesa fait aussi partie du personnel de recherche du Conseil économique. Elle a étudié à l'Université Carleton, au McArthur College of Education et aux Universités Queen's et Lakehead.

HARRY H. POSTNER
LESLE WESA

# La croissance de la productivité

## Une analyse interindustrielle

Les résultats de cette étude demeurent l'entière responsabilité des auteurs et, en tant que tels, n'ont pas reçu l'adhésion des membres du Conseil économique du Canada.

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1983

En vente au Canada par l'entremise de nos

agents libraires agréés
et autres librairies

ou par la poste au:

Centre d'édition du gouvernement du Canada
Approvisionnements et Services Canada
Ottawa, Canada, K1A 0S9

N° de catalogue EC 22-115/1983F
ISBN 0-660-91086-1

Canada: 6,95 $
à l'étranger: 8,35 $

Prix sujet à changement sans avis préalable

This study is also available in English under the title: *Canadian Productivity Growth: An Alternative (Input-Output) Analysis.*

# Table des matières


| | | |
|---|---|---|
| **Préface** | | **vii** |
| **1** | **Introduction** | **1** |
| | Aperçu général | 1 |
| | Statistiques interindustrielles pour le Canada | 2 |
| | Champ d'application de l'étude | 3 |
| **2** | **Analyse fondamentale de la croissance de la productivité, de 1961 à 1976** | **5** |
| | Les données statistiques | 5 |
| | Calculs de base | 6 |
| | Analyse des estimations de la productivité | 9 |
| | Deux applications des estimations de la productivité | 11 |
| **3** | **Analyse de décomposition de la productivité, pour la période 1961-1976** | **17** |
| | Fondement logique de la procédure de décomposition | 17 |
| | Analyse de décompositon des taux de croissance de la productivité | 21 |
| | Deux applications assorties d'interprétations supplémentaires | 26 |
| **4** | **Rôle de la recherche et du développement dans la croissance de la productivité, 1966-1976** | **31** |
| | Données statistiques | 31 |
| | Résultats empiriques de régression | 32 |
| | Répercussions en matière de politique statistique | 37 |
| **5** | **Une analyse de la stagnation de la productivité, 1973-1976** | **39** |
| | Commentaires préalables sur les données statistiques | 39 |
| | Comparaison des résultats relatifs à la stagnation de la productivité | 39 |
| | Décomposition de la stagnation de la productivité | 42 |
| **6** | **Conclusion** | **49** |
| | Récapitulation des techniques de mesure de la productivité | 49 |
| | Explication de la croissance de la productivité | 51 |
| | Politique industrielle canadienne et questions connexes | 53 |
| | Orientations futures de la recherche | 56 |
| **A** | **Le raisonnement mathématique** | **65** |

Le modèle de base des entrées-sorties 65
Description mathématique de l'analyse de décomposition 69
Modification de l'analyse de décomposition 75
Le raisonnement mathématique utilisé dans l'analyse de la recherche et du développement 80
Extension du modèle de base 82

**B Les données statistiques *par Leslie Wesa*** **85**
Les données d'entrées-sorties 85
Calcul de la matrice des coefficients de remplacement du capital 85
Autres mesures du facteur travail 89
Calcul des mesures classiques de la croissance de la productivité 91
Calcul d'un stock de R et D 91
Tests de sensibilité 95
Valeurs agrégées des taux de croissance de la productivité 96
Programme informatique 97

**Notes** **99**

**Liste des tableaux** **103**

**Bibliographie** **107**

# Préface

Diverses personnes ont contribué, par leurs commentaires utiles, à la présente étude. Nous tenons à remercier particulièrement M. Neil Swan, directeur, au Conseil économique, de l'équipe de recherche sur le progrès technologique, la productivité et la croissance, pour ses questions et commentaires toujours appropriés. Trois réviseurs anonymes ont aussi fourni des conseils précieux. Les observations recueillies auprès de M. Ed Wolff, professeur à l'Université de New York, ont permis d'éclaircir certains aspects techniques de la désagrégation de la croissance de la productivité. Nous sommes particulièrement reconnaissants au personnel de la Division de l'analyse structurelle de Statistique Canada qui nous a fourni la plupart des données statistiques. Nous tenons enfin à souligner l'excellent travail de rédaction effectué par Mlle Christine Laliberté.

Le texte de l'étude et l'appendice A sont l'œuvre de l'auteur principal. L'appendice B et tous les calculs figurant dans les chapitres 2, 3 et 4 ont été préparés par le second auteur. Pierre Mercier, qui s'est joint à l'équipe vers la fin du projet, a effectué les calculs informatiques contenus dans les chapitres 5 et 6.

L'étude est essentiellement fondée sur les données statistiques qui étaient disponibles en septembre 1982. Toute erreur ou inexactitude est la responsabilité des auteurs.

# Introduction

Cette étude vise principalement à exposer une méthode relativement nouvelle d'analyse de la croissance de la productivité au Canada. La méthode en question est fondée sur les tableaux canadiens d'entrées-sorties. L'étude a été rédigée en supposant que le lecteur connaît relativement bien les concepts économiques qui sous-tendent l'analyse de la croissance de la productivité. Par ailleurs, il n'est pas nécessaire de connaître l'analyse des entrées-sorties pour comprendre le texte bien qu'il puisse être utile d'être familier avec cette technique.

## Aperçu général

Une façon d'aborder le sujet consiste à comparer la méthode proposée à la façon classique et simple de mesurer la productivité du travail. Cette dernière est axée sur l'industrie : la productivité y est définie, pour chacune d'elles, en termes de produit intérieur brut (PIB) (soit la valeur ajoutée) par personne occupée. Pour estimer la valeur ajoutée de la production réelle d'une industrie, on soustrait des revenus que tire ce secteur d'activité de sa production brute, toutes ses dépenses en facteurs intermédiaires (matières premières, énergie, services impartis) et on obtient ainsi une mesure de sa production nette. Toutes les industries sont donc considérées comme des entités distinctes et leur interdépendance n'est pas prise en compte. Cette façon de mesurer la productivité est facile et elle présente en plus deux avantages distincts, à savoir qu'elle permet 1/ de dégager des niveaux de productivité ponctuels ainsi que des taux de croissance de la productivité et 2/ de faire une agrégation directe, c'est-à-dire d'obtenir l'estimation communément acceptée du niveau global de la productivité d'une nation qu'est le produit intérieur brut (PIB) par personne occupée, en divisant la somme des productions nettes de toutes les industries par l'emploi total. Ce niveau global, calculé à divers moments donnés, peut ensuite être converti en taux de croissance globaux pour diverses périodes.

Quoi qu'il en soit, les économètres se sont plaints que cette mesure simple de la productivité du travail n'était pas satisfaisante, surtout pour certaines industries particulières. Certains soutiennent qu'il existe, en plus de la main-d'œuvre, d'autres facteurs de production primaires qui sont propres à un secteur d'activité donné, notamment les biens immobilisés. En outre, la simple soustraction des facteurs intermédiaires, comme le suppose la méthode que nous venons de décrire, est un procédé souvent arbitraire qui fausse l'interprétation du processus réel de production. C'est pourquoi d'autres modes d'évaluation de la productivité industrielle, qui tiennent compte de plusieurs facteurs dont les biens immobilisés et les facteurs intermédiaires achetés, ont été préconisés. Ces mesures plus générales sont expliquées et employées dans le *Dix-septième Exposé annuel* du Conseil économique du Canada (1980). Il peut toutefois être démontré que de telles mesures ne présentent pas les deux avantages de la méthode classique dont nous avons parlé plus haut et sont donc parfois difficiles à interpréter. De plus, des problèmes surgissent lorsqu'on tient compte des importations de biens intermédiaires et des variations des termes de l'échange, facteurs importants pour un pays tel que le Canada. Enfin, les mesures plus générales de la croissance de la productivité, même lorsqu'elles incorporent les facteurs intermédiaires achetés, demeurent essentiellement axées sur l'industrie, de sorte que l'interdépendance des secteurs d'activité et son incidence sur la répartition de la croissance de la productivité (dont nous reparlerons plus loin) sont négligées. Ces préoccupations ont donc suscité la recherche d'une autre méthode de calcul de la productivité et d'analyse de la croissance au Canada.

Cette recherche a donné lieu à la mise au point d'un mode d'analyse de la productivité fondé sur les techniques d'entrées-sorties et axé sur la demande finale (ou la consommation) plutôt que sur l'industrie (ou la production). À compter de maintenant, la productivité sera définie comme étant la réciproque de la quantité totale de travail requise dans l'économie pour que chaque industrie produise une unité de produit destiné à la consommation finale. Comme on le verra, cette nouvelle méthode conserve les deux

avantages de la mesure classique de la productivité du travail, mais elle possède aussi le caractère général des mesures plus complexes décrites au paragraphe précédent. Elle a pour avantage d'intégrer naturellement les effets du commerce international et, bien sûr, de tenir compte de l'interdépendance des secteurs d'activité. Du fait qu'elle soit orientée vers la demande finale, elle permet de dégager plus directement le bien-être économique qui découle des tendances de la productivité et des politiques industrielles destinées à stimuler la croissance de la productivité.

Bref, l'étude révélera que la méthode proposée fournit aux décideurs un instrument pratique et souple pour accroître le bien-être économique national par la croissance de la productivité. Pour hausser la productivité d'une industrie particulière à moyen terme il faut, selon la méthode classique, stimuler le progrès technologique de ce secteur. La méthode proposée dans cette étude met l'accent sur la consommation finale. Pour accroître la productivité par rapport à la consommation finale des biens ou des services d'une industrie particulière, la marge de manœuvre est très grande puisque tous les secteurs d'activité contribuent (si indirect soit l'apport) à la consommation finale d'une industrie particulière en raison de l'interdépendance des industries dans une économie moderne. L'apport de certaines industries est évidemment plus important que d'autres et nous nous sommes efforcés, dans cette étude, de quantifier les rapports interindustriels sur le plan de la productivité. Nous constatons en effet que les décideurs peuvent même restreindre la stimulation du progrès technologique à un petit nombre d'industries clés qui sont jugées mûres pour ce type d'intervention et dont les biens et services qu'elles produisent constituent une composante importante de la consommation industrielle finale. En d'autres termes, il n'est pas nécessaire de stimuler le progrès technologique dans chacune des industries dont l'activité correspond à une étape finale de production pour augmenter la productivité sur toute la gamme des biens et des services destinés à la consommation finale. Cet objectif peut être atteint en choisissant soigneusement quelques industries clés et, d'après nos observations, une telle stratégie, bien qu'appliquée implicitement, a déjà contribué de façon importante à la croissance de la productivité au Canada. Mais pourquoi le décideur devrait-il viser une croissance équilibrée de la productivité de la manière dont nous le proposons ? La réponse à cette question relève de la mise en pratique des principes de l'économie de bien-être, à savoir qu'une politique de croissance de la productivité axée sur la consommation finale est le moyen le plus sûr d'engendrer une amélioration véritable du bien-être économique national. C'est ce qui nous permet de faire valoir que la présente étude sur la productivité vise le bien-être économique. Pour une analyse plus poussée de cette question, le lecteur est invité à se référer au chapitre 6 de la présente étude et à l'article de Sen (1979) qui porte sur la manière dont les comparaisons des niveaux du revenu national sont fondées sur des considérations de bien-être économique.

## Statistiques interindustrielles pour le Canada

À ce stade, il convient de se demander pourquoi les niveaux et les taux de croissance de la productivité que l'on obtient par la méthode proposée ne sont pas utilisés plus souvent dans les travaux de recherche sur la productivité. D'abord, ces mesures nécessitent des tableaux d'entrées-sorties qui peuvent se comparer dans le temps et qui sont exprimés en prix constants. À l'heure actuelle, très peu de pays ont des systèmes d'entrées-sorties qui répondent à ces deux exigences; en réalité, le Canada est une exception à ce titre. À cela s'ajoute le fait qu'on trouve difficilement des tableaux d'entrées-sorties permettant de faire une analyse relativement à jour; encore là, le Canada fait exception. Deuxièmement, la méthode que nous proposons nécessite non seulement des tableaux d'entrées-sorties mais aussi l'intégration à l'analyse de la productivité d'une matrice appropriée des coefficients de remplacement du capital fixe. Bien que l'on ne puisse obtenir ce genre de matrice de sources officielles, il est possible d'en construire une au moyen des données brutes des entrées-sorties. (Cet aspect est expliqué dans l'appendice B.) Troisièmement, une analyse de la croissance de la productivité fondée sur les entrées-sorties peut être ambiguë lorsqu'il y a d'importants échanges internationaux de biens intermédiaires. En fait, les tableaux d'entrées-sorties du Canada renferment des éléments très importants liés aux importations de biens intermédiaires, surtout lorsqu'on y ajoute une matrice des coefficients de remplacement du capital. Ce fait pourrait bien rendre difficile l'utilisation de la méthode proposée pour analyser la productivité au Canada. Pour contourner cette difficulté, nous introduisons dans l'analyse un « secteur » relatif au commerce international. En réalité, les produits de ce secteur correspondent aux importations canadiennes et ses facteurs aux exportations. Ici encore, toutes les données nécessaires existent sous une forme qui permet d'effectuer les calculs.

Ainsi, bien que de nombreux autres pays, mêmes ceux qui sont dotés de systèmes statistiques avancés, ne puissent tirer parti d'une analyse de la productivité fondée sur les entrées-sorties, nous pouvons affirmer que ce n'est pas le cas pour le

Canada. Il existe toutefois une autre raison qui pourrait dissuader certains d'utiliser la méthode des entrées-sorties pour analyser la croissance de la productivité. Nous avons affirmé précédemment que la méthode proposée est axée sur la demande finale plutôt que sur l'industrie. Il y a donc lieu de se demander comment les deux séries de mesures de la productivité sont reliées. Si cette question n'est pas soulevée et si l'on ne tente pas d'y répondre, en partie du moins, l'applicabilité de la nouvelle méthode restera incertaine, principalement en raison du fait que la méthode classique est bien établie. Dans la présente étude, nous exposons une méthode de décomposition (chapitre 3) destinée à éclaircir cette question.

## Champ d'application de l'étude

Dans l'étude, nous utilisons indistinctement les expressions « méthode proposée » et « nouvelle méthode ». Cette façon d'aborder l'analyse de la productivité est relativement nouvelle. D'autres études de ce genre ont été effectuées tant au Canada que dans d'autres pays (par exemple, Armstrong, 1974, Carter, 1970, et Sharpe, 1981). Nous croyons toutefois que la présente analyse est plus approfondie que les travaux de recherche analogues et qu'elle introduit certains éléments d'analyse et certaines interprétations de nature innovatrice. Ces aspects innovateurs peuvent être qualifiés d'expérimentaux.

La présente étude est essentiellement empirique. Notre méthode d'analyse interindustrielle est appliquée à 40 industries canadiennes dont l'une correspond au « secteur » du commerce international dont nous avons parlé plus haut. Ces industries représentent l'ensemble du secteur commercial de l'économie canadienne et l'analyse se rapporte à la période 1961-1978. Les résultats qui découlent de l'agrégation des données propres à chaque secteur d'activité sont parmi les plus intéressants. L'étude renferme donc des aspects autant macro-économiques que micro-économiques.

En plus d'exposer de nouvelles séries de niveaux et de taux de croissance de la productivité, nous illustrons nos résultats au moyen d'exemples pratiques. Chacun des chapitres empiriques contient donc des mises en application qui devraient aider le lecteur à mieux comprendre la méthode que nous proposons. Dans de nombreux cas, en outre, les estimations que nous avons obtenues par la méthode des entrées-sorties sont comparées aux estimations qui découlent de la méthode classique et ce, tant au niveau de l'industrie qu'au niveau agrégé. Certains chapitres à caractère empirique font état des répercussions de notre analyse sur le plan des politiques mais la plupart de ces effets sont énoncés dans la Conclusion (chapitre 6). La Conclusion fournit aussi une vue d'ensemble relativement complète des principaux points de l'étude. Les lecteurs qui s'intéressent surtout aux questions touchant les politiques sont invités à se reporter au chapitre 6 avant de passer au chapitre 2. L'analyse de ces questions nous amène à discuter des voies dans lesquelles devraient s'engager les travaux de recherche futurs, ce qui est fait à la dernière section du chapitre 6.

Une consultation rapide de la Table des matières devrait donner au lecteur un bon aperçu de la façon dont l'étude est structurée. Nous nous sommes efforcés d'éviter les formules mathématiques dans le corps du texte. Dans les cas où elles sont présentées, il est toutefois possible de les éviter (ainsi que les explications qui les accompagnent) sans que cela nuise à la compréhension générale. Le texte contient donc très peu de formules mathématiques, mais il conserve certains passages à caractère technique. Sont aussi présentés et expliqués dans le corps du texte les résultats tabulaires empiriques les plus importants. Toutefois, notre méthode d'analyse de la productivité repose essentiellement sur une série d'opérations mathématiques dont la compréhension nécessite une lecture de l'appendice A. En plus de décrire l'analyse des entrées-sorties, cet appendice renferme aussi des tableaux spéciaux qui illustrent certains aspects plus raffinés de l'analyse. L'étude se termine par un appendice statistique où sont précisées les sources de données et les opérations nécessaires à l'analyse. Tant dans le corps du texte que dans les appendices, l'information est présentée de façon plutôt concise. Parallèlement, les estimations disposées en tableaux dans l'étude sont celles qui permettent le mieux d'expliquer la méthode suivie et qui se prêtent particulièrement à l'analyse et à l'interprétation. Les références complètes des ouvrages cités dans le texte se retrouvent dans la Bibliographie.

# 2 Analyse fondamentale de la croissance de la productivité, de 1961 à 1976

Le présent chapitre fournit une description des éléments fondamentaux de la nouvelle méthode d'analyse de la productivité. D'autres chercheurs ont eu recours à ce genre de méthode, mais les données qu'ils ont habituellement utilisées se prêtaient plus ou moins bien à l'analyse des échanges interindustriels. Les données canadiennes qui figurent dans ce chapitre sont appropriées et permettent même d'élargir quelque peu l'analyse. Nous nous sommes efforcés de bien expliquer chaque étape de la méthode proposée et de comparer les estimations qui en découlent aux estimations obtenues par la méthode classique. La correspondance entre les deux séries d'estimations n'est certes pas parfaite en raison de l'orientation divergente des deux méthodes utilisées. Les avantages et les inconvénients d'utiliser une méthode qui se fonde sur les entrées-sorties et qui est donc axée sur la consommation finale sont mis en relief dans ce chapitre et dans le chapitre subséquent. Dans un chapitre ultérieur (chapitre 5), les résultats sont actualisés jusqu'en 1978.

## Les données statistiques

Présentons d'abord quelques données statistiques de base sur lesquelles s'appuient le présent chapitre et celui qui suit (des données plus détaillées sont fournies dans l'appendice B). Notre analyse de la productivité porte sur 40 industries canadiennes telles qu'elles sont définies, au niveau d'agrégation M, dans le système d'échanges interindustriels établi par Statistique Canada (1982*a*). Il convient de souligner qu'à ce niveau d'agrégation, le système d'entrées-sorties compte en réalité 43 secteurs d'activité dont trois représentent des industries fictives. Aux fins de cette étude, nous avons intégré (et non pas éliminé) ces trois industries aux autres secteurs au moyen d'une technique courante (l'appendice B fait ressortir les avantages de cette façon de procéder). De plus, nous avons éliminé du secteur commercial à l'étude, le secteur des logements occupés par leurs propriétaires et nous l'avons ajouté à la demande finale. Ce secteur ne joue aucun rôle utile dans notre étude et ce, pour deux raisons : 1/ il n'utilise aucune main-d'œuvre directe et 2/ il ne produit aucun bien intermédiaire. Il nous reste donc 39 des 43 industries utilisées dans les tableaux classiques d'entrées-sorties (une fois la classification modifiée pour intégrer les 3 industries fictives) auxquelles nous ajoutons un secteur relatif au commerce international que nous définissons plus loin. Ainsi, l'étude se rapporte essentiellement à l'ensemble du secteur commercial canadien, c'est-à-dire à des groupes d'entreprises industrielles qui produisent des biens et des services vendus sur le marché à des prix suffisants pour recouvrir les coûts et réaliser, dans la mesure du possible, un bénéfice. Les sociétés d'État dont les activités sont analogues à celles des entreprises privées à but lucratif sont incluses dans le secteur commercial[1].

Toutes les données statistiques contenues dans cette étude et qui impliquent des évaluations des prix du marché sont exprimées en dollars constants de 1971. Ceci permet de faire porter l'analyse sur la production industrielle et la demande finale réelles, même si nous visons principalement à faire des analyses chronologiques. L'existence de telles données au Canada est un facteur clé qui contribue au succès de la méthode que nous proposons. Dans ce chapitre, et dans celui qui suit, le facteur travail est mesuré en fonction du nombre total de personnes occupées. La plupart des calculs de la productivité qui figurent dans l'étude ont aussi été effectués en heures-personnes; ces données supplémentaires, lorsqu'elles ne sont pas présentées dans cet ouvrage, peuvent être obtenues sur demande (pour une analyse plus détaillée de cette question, se référer à l'appendice B). Précisons également que la main-d'œuvre est considérée homogène de sorte que nous ne tenons pas compte directement des différents aspects « qualitatifs » de ce facteur. Si nous le faisions, il nous faudrait, dans une analyse des entrées-sorties, considérer les ressources humaines comme une « industrie » productrice à laquelle seraient associés des « coûts » de remplacement et

d'entretien de la main-d'œuvre. Une telle démarche nous éloignerait de notre principal objectif et, de toute façon, les données statistiques nécessaires à une analyse désagrégée au niveau de l'industrie n'existent pas. Il y aurait certainement lieu de poursuivre des recherches dans ce domaine.

Il convient enfin de préciser que nos analyses de la croissance de la productivité portent sur des périodes d'au moins cinq ans. En effet, les tableaux d'entrées-sorties et les données qui y sont associées ne sont pas suffisamment précis pour permettre une analyse chronologique valable pour des périodes nettement plus courtes. Même si Statistique Canada a compilé une série chronologique à partir des tableaux d'entrées-sorties correspondant à la période 1961-1978, il y a tout lieu de croire que les variations qui se produisent à court terme ne sont pas vraiment significatives (à ce sujet, voir Postner, 1982). Par conséquent, nous limitons notre analyse au moyen terme.

## Calculs de base

Les calculs de base nécessaires pour estimer un niveau de productivité au moyen de la méthode des entrées-sorties sont illustrés par l'exemple que voici. Prenons un véhicule de transport, une automobile par exemple, qui a été produit au pays pour satisfaire à la demande finale intérieure (consommation)[2]. Supposons que nous voulions connaître la quantité de travail requise, dans tous les secteurs de l'économie, pour produire une telle unité de matériel de transport. Pour faire ce calcul, il s'agit bien sûr de déterminer la quantité de main-d'œuvre qui participe directement à l'étape finale de la production de l'automobile, c'est-à-dire la quantité de travail comprise dans la valeur ajoutée de l'industrie de l'automobile (ou du matériel de transport). Cette industrie achète toutefois une vaste gamme de biens intermédiaires (énergie, acier, caoutchouc, matières plastiques, produits électriques, services commerciaux et financiers) d'autres industries qui, elles aussi, emploient des travailleurs pour les opérations qui contribuent à leurs valeurs ajoutées respectives. Il faut donc tenir compte de la main-d'œuvre indirecte fournie par ces autres secteurs d'activité dans la mesure où l'industrie de l'automobile achète les biens et services intermédiaires qu'ils produisent. Ces secteurs d'activité utilisent à leur tour des biens et services intermédiaires qu'ils achètent d'autres secteurs (et des uns aux autres), de sorte qu'il existe une main-d'œuvre encore plus indirecte qui concoure à la production de l'automobile et dont il faut tenir compte. Il en va de même des biens et services achetés par ce troisième groupe d'industries et de la main-d'œuvre qui a contribué à leur production, et ainsi de suite.

Ces calculs peuvent sembler très compliqués, voire impossibles, mais en réalité ils sont faciles à effectuer au moyen d'un ordinateur et selon la méthode d'estimation normalement utilisée pour l'analyse des entrées-sorties. En fait, le principe de base de l'analyse de la productivité fondée sur les entrées-sorties est très simple et peut être exprimé par des notations algébriques. Si $X$ représente le vecteur (colonne) de la production industrielle brute, $Y$, le vecteur de la demande finale, $A$, la matrice des coefficients des entrées-sorties du compte courant, $\ell'$, le vecteur (ligne) des coefficients de la main-d'œuvre directe et $I$, la matrice identité, et si nous connaissons l'équation comptable de base du modèle des entrées-sorties, nous savons alors que :

$$(2.1) \quad X = AX + Y$$

$$(2.2) \quad X = (I - A)^{-1}Y$$

et que la quantité totale de travail utilisée dans le secteur des entreprises est égale à [3] :

$$(2.3) \quad \ell'X = \ell'(I - A)^{-1}Y$$

Supposons maintenant que la demande finale de chaque produit industriel augmente, à tour de rôle, d'une unité. Il est donc clair que chaque unité ajoutée à la demande finale entraîne une augmentation des besoins en main-d'œuvre, dans une proportion correspondante à chacun des éléments du vecteur ligne $\ell'(I - A)^{-1}$. Nous obtenons ainsi la quantité totale de main-d'œuvre (directe et indirecte) requise dans l'économie pour produire chaque unité de production industrielle destinée à la demande finale. L'inverse de cette mesure (chaque élément du vecteur ligne) indique la productivité globale du travail de chaque industrie dont la production satisfait à la demande finale. Il est évidemment possible de faire de tels calculs à divers moments pour déterminer les taux de croissance de la productivité globale du travail propres à chaque industrie.

À titre d'exemple, prenons les données relatives au secteur de l'agriculture qui figurent au tableau 2-1. Ainsi, nous estimons qu'en 1961, il fallait, dans l'ensemble de l'économie, 274 années-personnes pour produire et livrer à la consommation finale une gamme typique de produits agricoles canadiens d'une valeur d'un million de dollars (prix de 1971). En 1976, il n'en fallait que 138 pour la même gamme ou

unité de produits. Ces estimations représentent les « coefficients de main-d'œuvre directe et indirecte »

Tableau 2-1

Années-personnes requises (main-d'œuvre directe et indirecte) par unité de production d'un million de dollars*, 40 secteurs d'activité, 1961 et 1976

| | 1961 | 1976 |
|---|---|---|
| 1 Agriculture | 274,2 | 138,2 |
| 2 Forêts | 128,3 | 87,2 |
| 3 Pêche et chasse | 143,0 | 145,1 |
| 4 Mines métalliques | 80,2 | 67,2 |
| 5 Combustibles minéraux | 66,9 | 53,7 |
| 6 Mines non métalliques | 108,2 | 67,7 |
| 7 Services miniers | 97,2 | 71,6 |
| 8 Industries des aliments et des boissons | 175,3 | 98,3 |
| 9 Industrie du tabac | 144,8 | 79,1 |
| 10 Caoutchouc et produits en matière plastique | 134,7 | 78,0 |
| 11 Industrie du cuir | 174,9 | 106,5 |
| 12 Industrie textile | 160,0 | 84,0 |
| 13 Bonneterie | 187,2 | 90,2 |
| 14 Industrie du vêtement | 168,0 | 104,8 |
| 15 Industrie du bois | 140,0 | 91,6 |
| 16 Industrie du meuble et des articles d'ameublement | 146,5 | 99,5 |
| 17 Industrie du papier et activités connexes | 112,3 | 83,0 |
| 18 Imprimerie, édition | 113,3 | 80,3 |
| 19 Première transformation des métaux | 103,4 | 77,0 |
| 20 Fabrication de produits en métal | 121,3 | 78,6 |
| 21 Fabrication de machines | 112,6 | 75,7 |
| 22 Fabrication de matériel de transport | 124,2 | 68,7 |
| 23 Fabrication de produits électriques | 128,3 | 75,5 |
| 24 Fabrication de produits non métalliques | 113,0 | 71,7 |
| 25 Fabrication de produits du pétrole et du charbon | 96,8 | 65,1 |
| 26 Industrie chimique | 117,1 | 72,6 |
| 27 Industries manufacturières diverses | 133,0 | 83,3 |
| 28 Construction | 109,0 | 76,2 |
| 29 Transports et entreposage | 132,3 | 74,7 |
| 30 Communications | 147,3 | 75,9 |
| 31 Électricité et gaz | 78,7 | 55,4 |
| 32 Commerce de gros | 116,0 | 76,4 |
| 33 Commerce de détail | 175,0 | 125,8 |
| 34 Finances, assurances et affaires immobilières | 59,5 | 56,4 |
| 35 Enseignement et services médicaux | 71,5 | 60,5 |
| 36 Services de divertissement et loisirs | 122,2 | 103,8 |
| 37 Services fournis aux entreprises | 95,3 | 87,0 |
| 38 Hébergement et restauration | 127,7 | 127,4 |
| 39 Autres services personnels | 144,6 | 185,0 |
| 40 Commerce international | 128,4 | 71,8 |

*En dollars constants de 1971.
SOURCE D'après des données de Statistique Canada.

relatifs au secteur de l'agriculture pour les années 1961 et 1976 respectivement. Les coefficients que nous avons obtenus pour les 39 autres industries, y compris le secteur du commerce international (décrit plus loin), sont aussi indiqués dans le tableau 2-1.

Il semblerait qu'un accroissement remarquable de la productivité canadienne se soit produit entre 1961 et 1976, du moins en agriculture, et c'est précisément ce que révèle notre méthode d'analyse de la productivité. Pour calculer le niveau de productivité du secteur agricole canadien (en fait, les produits agricoles canadiens destinés à la consommation finale) il suffit tout simplement de prendre l'inverse de l'estimation de la quantité totale de main-d'œuvre requise par unité de production (d'un million de dollars), soit : (1 000 000 ÷ 274) en 1961 et (1 000 000 ÷ 138) en 1976, ou encore 3 647 $ et 7 235 $ respectivement. En d'autres termes, pour chaque année-personne de travail en 1961, des produits agricoles canadiens d'une valeur de 3 647 $, en prix constants de 1971, ont été produits et acheminés à la demande finale. En 1976, l'estimation correspondante de la valeur de ces produits était de 7 235 $, toujours selon les prix de 1971. Le taux annuel moyen de croissance de la productivité que l'on obtient par la méthode proposée est de 4,7 %. Ces résultats figurent au tableau 2-2 pour les 40 secteurs d'activité du secteur canadien des entreprises. Les estimations faites au moyen de la méthode des entrées-sorties que nous proposons représentent les niveaux de productivité globale du travail et les taux de croissance annuels moyens correspondants.

Avant d'examiner les données du tableau 2-2, il convient d'éclaircir certains points. Notre méthode d'analyse de la productivité tient implicitement compte de tous les facteurs de production primaires et secondaires (facteurs intermédiaires achetés). En fait, les biens immobilisés sont incorporés au modèle en y incluant les coûts engendrés par la dépréciation et le remplacement du capital de chaque industrie. Pour ce faire, nous ajoutons une matrice des coefficients de remplacement du capital fixe à la matrice classique des coefficients des entrées-sorties au compte courant (ces calculs plutôt compliqués sont expliqués à l'appendice B). Que fait-on des importations de biens intermédiaires ? Pour obtenir les matières premières et les biens d'équipement nécessaires à leur production, nombre d'industries canadiennes achètent des biens produits non pas par des travailleurs du pays mais par la main-d'œuvre étrangère. Il est donc impossible de mesurer la quantité de main-d'œuvre qui concoure à la production des biens intermédiaires et des biens de remplacement importés à partir de la méthode classique des entrées-sorties. Notre solution à ce problème, plutôt technique, est d'introduire dans l'analyse un secteur

Tableau 2-2

Niveau de la productivité globale du travail et taux de croissance annuel moyen, selon la méthode des entrées-sorties, 40 secteurs d'activité, 1961-1976

| | Niveau | | Taux de croissance moyen |
|---|---|---|---|
| | 1961 | 1976 | 1961-1976 |
| | (en dollars*) | | (en %) |
| 1 Agriculture | 3 647 | 7 235 | 4,7 |
| 2 Forêts | 7 794 | 11 465 | 2,6 |
| 3 Pêche et chasse | 6 992 | 6 892 | -0,1 |
| 4 Mines métalliques | 12 463 | 14 887 | 1,2 |
| 5 Combustibles minéraux | 14 942 | 18 616 | 1,5 |
| 6 Mines non métalliques | 9 243 | 14 776 | 3,2 |
| 7 Services miniers | 10 291 | 13 968 | 2,1 |
| 8 Industries des aliments et des boissons | 5 706 | 10 168 | 3,9 |
| 9 Industrie du tabac | 6 906 | 12 648 | 4,1 |
| 10 Caoutchouc et produits en matière plastique | 7 425 | 12 821 | 3,7 |
| 11 Industrie du cuir | 5 717 | 9 391 | 3,4 |
| 12 Industrie textile | 6 255 | 11 901 | 4,4 |
| 13 Bonneterie | 5 342 | 11 082 | 5,0 |
| 14 Industrie du vêtement | 5 952 | 9 537 | 3,2 |
| 15 Industrie du bois | 7 141 | 10 920 | 2,9 |
| 16 Industrie du meuble et des articles d'ameublement | 6 824 | 10 055 | 2,6 |
| 17 Industrie du papier et activités connexes | 8 905 | 12 050 | 2,0 |
| 18 Imprimerie, édition | 8 829 | 12 451 | 2,3 |
| 19 Première transformation des métaux | 9 671 | 12 980 | 2,0 |
| 20 Fabrication de produits en métal | 8 242 | 12 717 | 2,9 |
| 21 Fabrication de machines | 8 877 | 13 213 | 2,7 |
| 22 Fabrication de matériel de transport | 8 050 | 14 557 | 4,0 |
| 23 Fabrication de produits électriques | 7 791 | 13 252 | 3,6 |
| 24 Fabrication de produits non métalliques | 8 846 | 13 938 | 3,1 |
| 25 Fabrication de produits du pétrole et du charbon | 10 331 | 15 354 | 2,7 |
| 26 Industrie chimique | 8 541 | 13 769 | 3,2 |
| 27 Industries manufacturières diverses | 7 516 | 11 998 | 3,2 |
| 28 Construction | 9 174 | 13 117 | 2,4 |
| 29 Transports et entreposage | 7 556 | 13 381 | 3,9 |
| 30 Communications | 6 791 | 13 178 | 4,5 |
| 31 Électricité et gaz | 12 703 | 18 040 | 2,4 |
| 32 Commerce de gros | 8 630 | 13 091 | 2,8 |
| 33 Commerce de détail | 5 713 | 7 951 | 2,2 |
| 34 Finances, assurances et affaires immobilières | 16 818 | 17 744 | 0,4 |
| 35 Enseignement et services médicaux | 13 984 | 16 537 | 1,1 |
| 36 Services de divertissement et loisirs | 8 184 | 9 637 | 1,1 |
| 37 Services fournis aux entreprises | 10 498 | 11 494 | 0,6 |
| 38 Hébergement et restauration | 7 833 | 7 849 | 0,0 |
| 39 Autres services personnels | 6 915 | 5 408 | -1,6 |
| 40 Commerce international | 7 788 | 13 928 | 3,9 |

*En dollars constants de 1971.
SOURCE D'après des données de Statistique Canada.

d'activité relatif au commerce international. Les importations canadiennes constituent les produits de cette industrie et les exportations canadiennes, ses facteurs. Nous pourrions dire que la quantité de main-d'œuvre qui concoure à la production des biens intermédiaires importés peut, en dernière analyse, être dérivée de la quantité totale de la main-d'œuvre canadienne qui contribue à produire les biens exportés. L'activité de l'industrie du commerce international en est une d'échange plutôt que de production et, pour cette raison, il n'y a pas de main-d'œuvre directe. La main-d'œuvre incorporée dans les exportations canadiennes est toujours indirecte (ce secteur « d'échanges » internationaux est explicité plus loin)[4]. La méthode proposée pour analyser la productivité permet donc de ramener tous les facteurs à un dénominateur commun, soit la main-d'œuvre, même s'il existe de nombreux autres facteurs qui interviennent. Nous pouvons parler sans équivoque de taux de croissance et de niveaux de productivité globale du travail au fil des ans. Cette caractéristique permet de conserver les deux avantages distincts de la

mesure classique et simple de la productivité dont nous avons fait état au chapitre 1 (voir aussi les observations qui suivent). Cela signifie que, dans notre cadre d'analyse, toute variation de la productivité devient, en fin de compte, un moyen de produire des économies (gains de productivité) ou des « déséconomies » (pertes de productivité) sur le plan de la main-d'œuvre.

## Analyse des estimations de la productivité

Une façon d'analyser les estimations de productivité fondées sur les entrées-sorties, figurant au tableau 2-2, consiste à les comparer aux estimations obtenues au moyen de la méthode classique. Ces dernières sont présentées au tableau 2-3 pour 39

Tableau 2-3

Niveau de la productivité du travail et taux de croissance annuel moyen, selon la méthode classique, 39 secteurs d'activité, 1961-1976

| | Niveau | | Taux de croissance moyen |
|---|---|---|---|
| | 1961 | 1976 | 1961-1976 |
| | (en dollars*) | | (en %) |
| 1 Agriculture | 2 965 | 6 226 | 5,1 |
| 2 Forêts | 7 207 | 10 946 | 2,8 |
| 3 Pêche et chasse | 8 351 | 6 301 | -1,9 |
| 4 Mines métalliques | 18 416 | 20 634 | 0,8 |
| 5 Combustibles minéraux | 24 651 | 42 989 | 3,8 |
| 6 Mines non métalliques | 10 649 | 19 724 | 4,2 |
| 7 Services miniers | 15 822 | 16 786 | 0,4 |
| 8 Industries des aliments et des boissons | 7 425 | 12 832 | 3,7 |
| 9 Industrie du tabac | 13 168 | 24 004 | 4,1 |
| 10 Caoutchouc et produits en matière plastique | 6 956 | 12 971 | 4,2 |
| 11 Industrie du cuir | 4 584 | 7 299 | 3,1 |
| 12 Industrie textile | 5 226 | 11 376 | 5,3 |
| 13 Bonneterie | 3 835 | 9 950 | 6,6 |
| 14 Industrie du vêtement | 5 027 | 7 144 | 2,4 |
| 15 Industrie du bois | 6 615 | 9 962 | 2,8 |
| 16 Industrie du meuble et des articles d'ameublement | 5 797 | 7 860 | 2,1 |
| 17 Industrie du papier et activités connexes | 11 342 | 13 041 | 0,9 |
| 18 Imprimerie, édition | 9 105 | 12 647 | 2,2 |
| 19 Première transformation des métaux | 10 568 | 13 235 | 1,5 |
| 20 Fabrication de produits en métal | 7 951 | 12 686 | 3,2 |
| 21 Fabrication de machines | 9 266 | 13 184 | 2,4 |
| 22 Fabrication de matériel de transport | 7 995 | 18 370 | 5,7 |
| 23 Fabrication de produits électriques | 7 074 | 13 682 | 4,5 |
| 24 Fabrication de produits non métalliques | 9 640 | 15 931 | 3,4 |
| 25 Fabrication de produits du pétrole et du charbon | 20 618 | 23 382 | 0,8 |
| 26 Industrie chimique | 9 363 | 16 698 | 3,9 |
| 27 Industries manufacturières diverses | 6 659 | 11 009 | 3,4 |
| 28 Construction | 9 416 | 12 371 | 1,8 |
| 29 Transports et entreposage | 7 774 | 14 748 | 4,4 |
| 30 Communications | 8 818 | 17 930 | 4,8 |
| 31 Électricité et gaz | 25 191 | 37 211 | 2,6 |
| 32 Commerce de gros | 8 579 | 13 283 | 3,0 |
| 33 Commerce de détail | 4 939 | 6 821 | 2,2 |
| 34 Finances, assurances et affaires immobilières | 18 487 | 17 271 | -0,5 |
| 35 Enseignement et services médicaux | 18 006 | 19 665 | 0,6 |
| 36 Services de divertissement et loisirs | 7 120 | 8 479 | 1,2 |
| 37 Services fournis aux entreprises | 11 190 | 11 776 | 0,3 |
| 38 Hébergement et restauration | 8 682 | 6 347 | -2,1 |
| 39 Autres services personnels | 6 321 | 4 217 | -2,7 |

*En dollars constants de 1971.
SOURCE D'après des données de Statistique Canada.

secteurs d'activité (le secteur du commerce international n'ayant pas de pendant dans la structure classique) et pour la période 1961-1976. Dans ce tableau, la mesure du niveau de productivité utilisée est simple : elle correspond au produit intérieur brut (valeur ajoutée) de chaque industrie par personne occupée. Cette mesure, nous le savons, fournit non seulement des niveaux mais aussi des taux de croissance de la productivité (des estimations plus complexes tenant compte de plusieurs facteurs ne permettent pas d'obtenir des niveaux de productivité significatifs sur le plan économique). La comparaison des tableaux 2-2 et 2-3 permet de faire les constatations suivantes.

Il existe à la fois des similitudes et des divergences considérables entre les deux séries d'estimations de la productivité du travail. Les similitudes ressortent lorsqu'une branche d'activité particulière est presque entièrement intégrée sur le plan vertical, à savoir que les biens et services intermédiaires ou ceux qui servent au remplacement n'ont qu'une faible importance. C'est le cas, par exemple, des services de divertissement et loisirs (industrie n° 36) et du commerce de gros (n° 32). Par contre, les différences se manifestent dans la situation contraire, par exemple, dans le cas des combustibles minéraux (n° 5), de l'industrie du papier et des activités connexes (n° 17), de la fabrication des produits du pétrole et du charbon (n° 25) et de l'hébergement et de la restauration (n° 38). Lorsque nous estimons la productivité de chaque secteur d'activité selon la méthode proposée, nous accordons implicitement une importance considérable aux facteurs de base qui déterminent la mesure classique de la productivité, du moins en ce qui concerne la main-d'œuvre directe. Toutefois, la composante de main-d'œuvre indirecte et la réciproque de cette composante, exprimée par la productivité, n'est pas prise en compte dans la mesure classique. Puisque la composante de main-d'œuvre indirecte traduit l'effet qu'ont le niveau de productivité et les variations de ce niveau sur l'ensemble de l'économie (le chapitre suivant contient plus de précisions), nous pourrions nous attendre à une plus forte similarité, d'un secteur à l'autre, entre les niveaux et les taux de croissance de la productivité obtenus par la méthode des entrées-sorties qu'entre les niveaux et les taux de croissance résultant de la méthode classique. C'est exactement ce qui se produit. Si l'on compare les coefficients de variation de ces deux séries d'estimations, on constate que ces variations sont beaucoup moins grandes dans le cas des calculs fondés sur la méthode des entrées-sorties que dans celui des calculs effectués selon la méthode classique et ce, surtout lorsque la comparaison porte sur des niveaux de productivité ponctuels, soit ceux de 1961 et de 1976.

Les tableaux 2-2 et 2-3 se prêtent à une analyse plus approfondie. Dans certains secteurs d'activité, les niveaux de productivité fondés sur les entrées-sorties sont nettement moins élevés que les niveaux correspondants calculés selon la méthode classique (par exemple, les mines métalliques et les combustibles minéraux). Selon la méthode classique fondée sur la valeur ajoutée, il s'agit de secteurs à forte proportion de capital. Toutefois, lorsque la main-d'œuvre indirecte qui concoure à la production des facteurs intermédiaires et les biens de remplacement du capital sont pris en compte, les niveaux de productivité sont beaucoup plus bas (ce qui peut influer ou non sur les taux respectifs de croissance de la productivité). Il y a par ailleurs des secteurs d'activité où les niveaux de productivité découlant de l'analyse des entrées-sorties sont plus élevés que les estimations classiques; c'est le cas de l'industrie du cuir (n° 11) et de la bonneterie (n° 13), par exemple. D'après les estimations fondées sur la valeur ajoutée, il s'agit d'industries fortement axées sur la main-d'œuvre. La main-d'œuvre indirecte que l'on retrouve dans ces industries représente une proportion de main-d'œuvre relativement inférieure à celle que traduit la valeur ajoutée propre à ces industries, de sorte que les niveaux de productivité calculés au moyen des entrées-sorties sont plus élevés. Quoi qu'il en soit, la dispersion de la main-d'œuvre indirecte est toujours plus faible que celle de la main-d'œuvre directe, notamment lorsqu'il s'avère que tous les facteurs intermédiaires et biens de remplacement du capital importés sont transformés en main-d'œuvre par le biais des industries canadiennes d'exportation (voir le modèle de l'appendice A).

Il est également révélateur de présenter les deux séries d'estimations de la productivité pour les sous-périodes 1961-1966, 1966-1971 et 1971-1976. Ces estimations figurent aux tableaux 2-4 et 2-5 où nos observations sont limitées aux divers taux de croissance de la productivité. Les observations générales formulées dans les paragraphes précédents demeurent vraies pour chacune des sous-périodes. Soulignons que ces sous-périodes font ressortir le début et l'évolution du ralentissement de la productivité au Canada. En raison des caractéristiques particulières des mesures fondées sur les entrées-sorties (qui traduisent l'influence de l'économie toute entière), l'effet du ralentissement se manifeste de façon plus constante dans la série des taux de croissance de la productivité découlant de l'analyse des entrées-sorties que dans la série correspondante des taux annuels moyens établis au moyen de la méthode classique. Ce phénomène deviendra plus évident dans le chapitre 5 où nous analysons la période d'observation la plus récente, 1973-1978. Le ralentissement de la productivité peut aussi être mis en relief

Tableau 2-4

**Taux de croissance annuel moyen de la productivité globale du travail, selon la méthode des entrées-sorties, 40 secteurs d'activité, 1961-1966, 1966-1971 et 1971-1976**

En pourcentage

| | Moyenne de 1961-1966 | Moyenne de 1966-1971 | Moyenne de 1971-1976 |
|---|---|---|---|
| 1 Agriculture | 7,8 | 3,5 | 2,7 |
| 2 Forêts | 2,5 | 3,9 | 1,4 |
| 3 Pêche et chasse | -1,3 | 0,9 | 0,2 |
| 4 Mines métalliques | 1,7 | 0,6 | 1,3 |
| 5 Combustibles minéraux | 2,8 | 2,3 | -0,6 |
| 6 Mines non métalliques | 5,2 | 2,5 | 1,8 |
| 7 Services miniers | 2,7 | 1,0 | 2,4 |
| 8 Industries des aliments et des boissons | 5,4 | 4,1 | 2,3 |
| 9 Industrie du tabac | 5,4 | 3,8 | 3,2 |
| 10 Caoutchouc et produits en matière plastique | 5,2 | 3,8 | 2,2 |
| 11 Industrie du cuir | 3,3 | 3,7 | 3,0 |
| 12 Industrie textile | 4,3 | 5,2 | 3,6 |
| 13 Bonneterie | 5,7 | 4,9 | 4,3 |
| 14 Industrie du vêtement | 3,0 | 3,0 | 3,6 |
| 15 Industrie du bois | 3,6 | 2,9 | 2,1 |
| 16 Industrie du meuble et des articles d'ameublement | 3,9 | 2,5 | 1,4 |
| 17 Industrie du papier et activités connexes | 2,8 | 2,1 | 1,2 |
| 18 Imprimerie, édition | 2,3 | 1,8 | 2,9 |
| 19 Première transformation des métaux | 2,8 | 2,4 | 0,7 |
| 20 Fabrication de produits en métal | 4,2 | 2,9 | 1,8 |
| 21 Fabrication de machines | 4,0 | 1,5 | 2,6 |
| 22 Fabrication de matériel de transport | 4,0 | 4,5 | 3,7 |
| 23 Fabrication de produits électriques | 4,1 | 3,1 | 3,7 |
| 24 Fabrication de produits non métalliques | 4,0 | 2,9 | 2,3 |
| 25 Fabrication de produits du pétrole et du charbon | 4,7 | 1,0 | 2,4 |
| 26 Industrie chimique | 4,4 | 2,9 | 2,4 |
| 27 Industries manufacturières diverses | 3,2 | 3,6 | 2,7 |
| 28 Construction | 2,9 | 2,7 | 1,6 |
| 29 Transports et entreposage | 5,6 | 3,5 | 2,5 |
| 30 Communications | 4,2 | 4,4 | 5,0 |
| 31 Électricité et gaz | 5,1 | -0,3 | 2,3 |
| 32 Commerce de gros | 3,3 | 3,0 | 2,2 |
| 33 Commerce de détail | 2,7 | 2,0 | 1,9 |
| 34 Finances, assurances et affaires immobilières | 0,7 | 1,1 | -0,7 |
| 35 Enseignement et services médicaux | 2,2 | 1,9 | -0,7 |
| 36 Services de divertissement et loisirs | -1,2 | 1,1 | 3,5 |
| 37 Services fournis aux entreprises | -0,5 | 0,6 | 1,7 |
| 38 Hébergement et restauration | -0,5 | 0,6 | -0,1 |
| 39 Autres services personnels | -1,8 | -1,8 | -1,3 |
| 40 Commerce international | 4,6 | 3,0 | 4,3 |
| Tous les secteurs | 3,3 | 2,8 | 2,0 |

SOURCE D'après des données de Statistique Canada.

par une analyse agrégée que nous abordons maintenant.

## Deux applications des estimations de la productivité

Que se produit-il lorsqu'on agrège les niveaux de productivité désagrégés que nous avons calculés selon la méthode des entrées-sorties ? Quelle est la meilleure façon de le faire ? Pour répondre à ces questions, nous allons présenter et expliquer le raisonnement mathématique que nous avons suivi. En conservant la notation algébrique que nous avons utilisée précédemment et en posant $i'$ comme vecteur ligne d'unités, la main-d'œuvre totale employée dans le secteur des entreprises par unité de demande finale s'écrit simplement :

$$(2.4) \quad (\ell' X)(i' Y)^{-1} = \ell'(I - A)^{-1} Y (i' Y)^{-1}$$
$$\equiv \lambda' Y (i' Y)^{-1}$$

ce qui correspond à une moyenne pondérée des éléments qui composent la main-d'œuvre totale requise par unité de production désagrégée par

Tableau 2-5

Taux de croissance annuel moyen de la productivité du travail, selon la méthode classique, 39 secteurs d'activité, 1961-1966, 1966-1971 et 1971-1976

En pourcentage

| | Moyenne de 1961-1966 | Moyenne de 1966-1971 | Moyenne de 1971-1976 |
|---|---|---|---|
| 1 Agriculture | 12,2 | 0,9 | 2,5 |
| 2 Forêts | 1,6 | 5,8 | 0,9 |
| 3 Pêche et chasse | -3,7 | 1,2 | -3,0 |
| 4 Mines métalliques | 1,8 | 0,9 | -0,4 |
| 5 Combustibles minéraux | 6,1 | 8,7 | -3,4 |
| 6 Mines non métalliques | 7,9 | 3,9 | 0,8 |
| 7 Services miniers | -0,1 | -0,1 | 1,5 |
| 8 Industries des aliments et des boissons | 2,7 | 7,0 | 1,3 |
| 9 Industrie du tabac | 2,4 | 5,1 | 4,8 |
| 10 Caoutchouc et produits en matière plastique | 6,4 | 4,8 | 1,2 |
| 11 Industrie du cuir | 2,2 | 4,0 | 3,2 |
| 12 Industrie textile | 4,2 | 7,7 | 3,9 |
| 13 Bonneterie | 7,7 | 6,0 | 5,8 |
| 14 Industrie du vêtement | 1,5 | 2,3 | 2,8 |
| 15 Industrie du bois | 3,3 | 2,5 | 2,1 |
| 16 Industrie du meuble et des articles d'ameublement | 4,1 | 1,8 | -0,5 |
| 17 Industrie du papier et activités connexes | 1,3 | 1,7 | -0,3 |
| 18 Imprimerie, édition | 1,6 | 1,5 | 3,2 |
| 19 Première transformation des métaux | 2,2 | 4,0 | -1,7 |
| 20 Fabrication de produits en métal | 4,6 | 3,2 | 1,1 |
| 21 Fabrication de machines | 4,6 | 0,3 | 1,8 |
| 22 Fabrication de matériel de transport | 3,7 | 8,8 | 4,3 |
| 23 Fabrication de produits électriques | 4,5 | 3,9 | 4,8 |
| 24 Fabrication de produits non métalliques | 4,1 | 3,7 | 1,8 |
| 25 Fabrication de produits du pétrole et du charbon | 6,1 | -6,9 | 3,8 |
| 26 Industrie chimique | 5,3 | 3,8 | 2,5 |
| 27 Industries manufacturières diverses | 2,8 | 4,5 | 2,2 |
| 28 Construction | 2,0 | 2,8 | 0,6 |
| 29 Transports et entreposage | 6,4 | 4,0 | 2,7 |
| 30 Communications | 4,4 | 5,1 | 5,0 |
| 31 Électricité et gaz | 6,7 | -1,1 | 2,5 |
| 32 Commerce de gros | 3,5 | 3,3 | 2,0 |
| 33 Commerce de détail | 2,0 | 2,4 | 2,1 |
| 34 Finances, assurances et affaires immobilières | 0,4 | 0,5 | -2,2 |
| 35 Enseignement et services médicaux | 1,7 | 1,7 | -1,4 |
| 36 Services de divertissement et loisirs | -3,0 | 1,4 | 4,8 |
| 37 Services fournis aux entreprises | -1,3 | -0,6 | 3,0 |
| 38 Hébergement et restauration | -3,9 | -0,9 | -1,3 |
| 39 Autres services personnels | -3,7 | -2,6 | -1,7 |
| Tous les secteurs | 3,3 | 2,8 | 1,4 |

SOURCE D'après des données de Statistique Canada.

industrie et acheminée vers la demande finale (les éléments du vecteur ligne $\lambda' \equiv \ell'(I - A)^{-1}$). Supposons que le niveau agrégé de la productivité (secteur des entreprises) se définit simplement comme étant $(i'Y)(\ell'X)^{-1}$. La réciproque de chaque élément du vecteur ligne $\lambda'$ représente les niveaux de la productivité globale du travail désagrégés par secteur d'activité (notre mesure de la productivité fondée sur la méthode des entrées-sorties) et peut s'écrire : $i'(\hat{\lambda})^{-1}$, où l'opération $(\hat{\ })$ transforme le vecteur $\lambda$ en matrice diagonale. Nous constatons ainsi que :

$$(2.5) \quad (i'Y)(\ell'X)^{-1} = (i'Y)(\lambda'Y)^{-1} = i'(\hat{\lambda})^{-1}(\hat{\lambda}Y)(i'\hat{\lambda}Y)^{-1}$$

C'est donc dire que le niveau agrégé de la productivité du travail est en fait une moyenne pondérée des niveaux de productivité propres à chaque secteur d'activité. En outre, les coefficients de pondération respectifs peuvent être interprétés très facilement. Chaque niveau de productivité, par exemple, le $j^e$ élément de $i'(\hat{\lambda})^{-1}$, soit $\lambda_j^{-1}$, est pondéré par $\lambda_j Y_j$, qui représente la main-d'œuvre totale nécessaire pour produire le $j^e$ bien ou service qui compose la

demande finale. (Les coefficients de pondération sont normalisés par une simple sommation.) Le niveau de productivité de chaque industrie est donc pondéré en fonction de son importance relative en termes de main-d'œuvre nécessaire à la production des divers biens et services qui composent la demande finale. De façon plus particulière, la méthode d'agrégation permet de pondérer le « secteur » du commerce international selon l'importance relative de la main-d'œuvre indirecte qui concoure à la production de tous les biens importés destinés à la demande finale. Cette méthode se rapproche beaucoup de la façon classique d'agréger les niveaux de productivité de chaque secteur, où l'on pose, par exemple, que $V_j$ représente la valeur ajoutée du $j^e$ secteur, et $L_j$, la main-d'œuvre employée dans le $j^e$ secteur, et où le niveau agrégé est exprimé par :

$$(2.6) \quad (\Sigma V_j)(\Sigma L_j)^{-1} = \Sigma(V_j/L_j)(L_j/\Sigma L_j)$$

De nouveau, chaque niveau de productivité est pondéré par l'importance relative de la main-d'œuvre employée dans chaque secteur. Même si les deux séries de coefficients de pondération sont semblables, elles diffèrent par le fait que les niveaux de productivité calculés d'après les entrées-sorties se rapportent à la demande finale tandis que ceux qui résultent de la méthode classique sont axés sur le secteur d'activité.

Une analyse plus poussée (voir l'appendice A) révèle que bien que les deux méthodes d'agrégation des niveaux de productivité devraient permettre d'en arriver à des taux de croissance identiques, deux facteurs importants font que ce n'est pas le cas. Premièrement, la mesure classique est exprimée en termes de produit intérieur brut par secteur d'activité, si bien que les coûts d'amortissement et de remplacement des biens immobilisés sont compris dans la valeur ajoutée. Dans la méthode des entrées-sorties, l'amortissement et le remplacement des biens immobilisés constituent un côut de production intermédiaire (transformé en main-d'œuvre). Si la mesure classique était exprimée en termes de produit intérieur net par secteur d'activité, ce facteur n'interviendrait pas[5]. Il influe toutefois sur la comparaison des deux séries de taux de croissance agrégés dans la mesure où le rapport entre les coûts d'amortissement globaux assumés par le secteur des entreprises et le produit intérieur brut global de ce secteur varie dans le temps. Le second facteur a trait à la présence du secteur du commerce international dans la méthode des entrées-sorties. L'existence de ce « secteur » n'a pas, en soi, d'effet sur la comparaison des taux agrégés de croissance de la productivité, à moins que l'économie canadienne ne doive faire face, dans le temps, à un changement des termes de l'échange. Ce phénomène est pris en compte dans notre modèle des entrées-sorties par le biais de l'équation relative à la balance commerciale qu'il est plus naturel d'exprimer en prix courants que constants (de 1971). Ainsi, la fonction d'exportation, qui « produit » des importations doit être proportionnellement ajustée par un scalaire qui transforme une relation qui serait autrement exprimée en prix constants en une relation exprimée en prix courants. Le scalaire d'ajustement diffère de l'unité uniquement dans la mesure où les termes de l'échange se sont améliorés ou détériorés au cours d'une période donnée. Examinons maintenant de façon plus détaillée comment les deux facteurs décrits dans ce paragraphe interviennent dans le calcul des taux agrégés de croissance de la productivité figurant à la dernière ligne des tableaux 2-4 et 2-5.

Pour les deux sous-périodes 1961-1966 et 1966-1971, les taux agrégés de croissance de la productivité, mesurés selon la méthode des entrées-sorties, sont presque les mêmes[6] que les taux correspondants calculés selon la méthode classique. De 1961 à 1966, on ne relève aucun changement marqué du taux d'amortissement mesuré, ni des termes de l'échange. De 1966 à 1971, on observe une faible détérioration (4 %) des termes canadiens de l'échange mais ce phénomène est compensé par une chute du taux d'amortissement (et de remplacement) des biens immobilisés. La sous-période 1971-1976 est plus intéressante. Premièrement, le taux d'amortissement du capital s'est accru. Ce facteur provoquerait à lui seul une baisse du taux agrégé de croissance de la productivité calculé selon la méthode classique, taux qui glisserait de 1,4 % (tableau 2-5) à 1,1 % si la mesure classique de croissance de la productivité traduisait le produit intérieur net attribuable à chaque secteur d'activité. Deuxièmement, de 1971 à 1976, il s'est produit une amélioration remarquable (près de 9 %) des termes de l'échange pour le Canada. Ce facteur fait augmenter de 0,9 point de pourcentage le taux agrégé de croissance de la productivité canadienne lorsque le taux est mesuré au moyen de la méthode des entrées-sorties[7]. Nous obtenons ainsi un taux de croissance agrégé de 2,0 % (tableau 2-4). Fait plus important, notre méthode d'analyse de la croissance de la productivité fournit alors un meilleur aperçu des variations de la productivité canadienne et atténue de façon significative l'effet du ralentissement global de la productivité mesuré selon la méthode classique (du moins pour ce qui est de l'étape initiale). Voilà donc un premier exemple d'application du genre d'estimations de la productivité que l'on obtient avec la méthode proposée.

La seconde application de notre méthode peut être décrite de façon plus succinte. On prétend souvent qu'un ralentissement de la productivité dans l'économie est en partie attribuable à un déplacement de la demande vers les services puisqu'il est supposé que les niveaux et les taux de croissance de la productivité sont plus faibles dans cette industrie que dans la plupart des autres secteurs d'activité. La méthode que nous proposons pour analyser la productivité canadienne permet de vérifier directement cette hypothèse. Le procédé que nous utilisons pour le faire est partie intégrante de l'analyse et démontre bien l'avantage de disposer de niveaux et de taux de croissance désagrégés et non équivoques. En outre, ce procédé est facile à appliquer et à interpréter[8]. Au début de la présente section, nous avons montré que le niveau agrégé de productivité obtenu, pour un moment donné, par la méthode des entrées-sorties, est en fait une moyenne pondérée, en fonction de la demande finale, des niveaux de productivité de chaque secteur d'activité. Les coefficients de pondération de la demande finale et les niveaux individuels de productivité se rapportent tous à un même moment. Il est donc facile de recalculer des niveaux agrégés « artificiels » de productivité basés sur des coefficients de pondération se rapportant à un moment donné, et des niveaux de productivité désagrégés se rapportant à un autre moment. Il devient alors possible de comparer les divers niveaux « artificiels » de productivité, d'en dégager des taux de croissance agrégés « artificiels », et d'analyser ainsi l'effet marginal des variations des coefficients de pondération de la demande finale sur la croissance de la productivité.

Le tableau 2-6 montre quels seraient les taux agrégés (artificiels) de croissance de la productivité pour les trois sous-périodes si les coefficients de pondération de la demande finale étaient maintenus aux niveaux de 1961, de 1966, de 1971 ou de 1976. La dernière colonne de ce tableau indique les taux agrégés correspondants (tirés du tableau 2-4), lorsque ces coefficients de pondération varient comme il se doit.

Les taux agrégés de croissance de la productivité varient très peu en fonction des divers coefficients de pondération de la demande finale, même si ces coefficients affichent des variations importantes dans le temps. Il est vrai qu'il y a eu, de 1961 à 1976, accroissement de l'importance relative de certaines industries de services qui alimentent la demande finale intérieure (soit la demande finale de biens et services produits au pays pour y être consommés), par exemple, les finances, les assurances et les affaires immobilières (n° 34) et les services de divertissement et les loisirs (n° 36)[9]. Toutefois, même si tous les déplacements de la demande finale demeurent constants, il n'en résulte qu'un effet très minime sur les taux de croissance agrégés de la productivité et le ralentissement observé à cet égard. En réalité, le phénomène qu'il convient de signaler est l'accroissement de la part des importations destinées à satisfaire directement la demande finale canadienne (soit la demande finale de biens et services produits par l'« industrie » du commerce international (n° 40)). En 1961, ces importations ne représentaient qu'environ 6,3 % de la demande finale totale tandis qu'en 1976, cette proportion était de 11,7 %. Même si ce déplacement était maintenu constant, les taux révisés de croissance de la productivité globale demeureraient essentiellement les mêmes. L'importance croissante du commerce international au Canada ne doit pas pour autant être négligée.

Tableau 2-6

Taux (artificiels) agrégés de croissance annuelle de la productivité globale du travail calculés à partir de coefficients de pondération de la demande finale constants et variables, 1961-1976

En pourcentage

| | Coefficents constants | | | | Coefficients variables |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1961 | 1966 | 1971 | 1976 | 1961-1976 |
| Moyenne de 1961-1966 | 3,2 | 3,4 | 3,3 | 3,2 | 3,3 |
| Moyenne de 1966-1971 | 2,5 | 2,6 | 2,5 | 2,5 | 2,8 |
| Moyenne de 1971-1976 | 1,8 | 2,0 | 1,9 | 1,9 | 2,0 |

SOURCE Tableau 2-4.

En conclusion, il convient de souligner que les coefficients de pondération attribués à certains secteurs d'activité jugés importants aux termes des mesures classiques de la productivité peuvent être très faibles lorsque l'analyse est fondée sur la méthode que nous proposons. Ainsi, même après avoir transformé la main-d'œuvre (voir l'analyse mathématique décrite au début de cette section ainsi que le tableau 6-3 du chapitre 6), le coefficient de pondération de la demande finale attribué à l'agriculture ne dépasse pas 1,6 % du coefficient de la demande finale totale en 1961 et il décroît par la suite. Cette constatation peut nous amener à croire que l'agriculture contribue très peu à la croissance de la productivité globale dans le contexte de la méthode proposée. Ce n'est toutefois pas le cas puisque l'agriculture influe indirectement sur la croissance de la productivité de nombreux autres secteurs d'activité dont les produits composent la

demande finale et dont les coefficients de pondération de la demande finale sont élevés et croissants. C'est pourquoi le chapitre suivant a pour but d'éclaircir cet aspect, et d'autres encore, de l'interdépendance des industries sur le plan de la croissance de la productivité.

# 3 Analyse de décomposition de la productivité, pour la période 1961-1976

Le présent chapitre expose les résultats d'une procédure de décomposition qui vise à préciser la nouvelle démarche d'analyse de la productivité et à en étendre l'application. L'exposé se veut désormais plus concis et la matière devient passablement plus technique. Bien qu'il soit assez facile d'exprimer cette méthode de décomposition en termes mathématiques, il est extrêmement difficile de l'exprimer en mots. Nous nous sommes donc efforcés d'en fournir une bonne compréhension intuitive et le chapitre contient nombre d'illustrations et de résultats empiriques. Néanmoins, pour comprendre à fond les procédures utilisées et l'interprétation qui en est proposée, il est essentiel que le lecteur prenne connaissance de l'appendice A. Le présent chapitre, comme le chapitre précédent, contient des applications importantes et il comprend certaines propositions qui débouchent sur la politique industrielle.

## Fondement logique de la procédure de décomposition

Il a été établi dans le chapitre 2 que les estimations de productivité obtenues en appliquant la nouvelle méthode des entrées-sorties portent entièrement sur les biens et services que chaque industrie produit et achemine vers la demande finale. Ainsi, dans le cas de chaque industrie, les divers niveaux et taux de croissance de la productivité ne dépendront pas seulement des changements technologiques qui sont propres à l'industrie représentant le stade final de production (par exemple, l'industrie de l'automobile décrite au chapitre 2), mais également des changements technologiques qui se produisent dans toutes les autres industries (par exemple, les secteurs de l'énergie, de l'acier, du caoutchouc, des matières plastiques, des services commerciaux et financiers), dans la mesure où ces autres industries contribuent indirectement à la production. Sur le plan économique, il paraît à la fois naturel et pertinent, comme nous allons le voir, de tenter d'isoler ces deux composantes de la productivité. En effet, il peut être intéressant de savoir quelle proportion de la variation des besoins totaux en main-d'œuvre requise pour la production d'un produit (livré à la demande finale) est attribuable à la principale industrie productrice de ce produit, la proportion restante correspondant alors à la contribution de l'ensemble des autres industries. Il est clair que ce genre d'analyse requiert l'application d'une technique de décomposition pertinente et bien définie.

La formulation mathématique de la procédure de décomposition de la productivité est donnée dans l'appendice A[1]. En prenant connaissance de l'appendice, on peut constater que la procédure possède les caractéristiques souhaitées et que certains tests de sensibilité y sont décrits. Même si la technique que nous appliquons est bien définie, il existe d'autres techniques de décomposition valables. Les tests de sensibilité indiquent cependant que les résultats empiriques en matière de productivité varient très peu d'une procédure à l'autre, dans la mesure où les modifications de procédure demeurent « raisonnables ». Aux fins du présent exposé, il semble avantageux de décrire la technique de décomposition et les applications qui y correspondent dans le cadre des résultats obtenus.

Le tableau 3-1 traduit la décomposition de la variation des besoins totaux en main-d'œuvre (la somme des coefficients de main-d'œuvre directe et indirecte) de 1961 à 1976 pour chacun des 40 secteurs d'activité, y compris celui du commerce international. En se référant au tableau 2-1, nous savons, par exemple, qu'en 1961, il fallait 274 années-personnes pour produire et livrer à la demande finale une unité (d'un million de dollars) de produits agricoles canadiens; en 1976, il n'en fallait que 138, de sorte que la variation des besoins totaux en main-d'œuvre par unité de production (demande finale) est de – 136 années-personnes, chiffre inscrit dans la première colonne du tableau 3-1 à la rubrique Agriculture. Cette variation est décomposée par la suite en deux éléments, soit la fraction attribuable au secteur de l'agriculture, les effets propres, équivalant à – 109 années-personnes (chiffre figurant à la

Tableau 3-1

Variation des besoins totaux en main-d'œuvre attribuable aux effets propres et aux effets d'amont, en années-personnes par unité de production d'un million de dollars*, 40 secteurs d'activité, 1961-1976

| | Variation globale | Variation attribuable aux effets propres | Variation attribuable aux effets d'amont | Effets d'amont en proportion de la variation globale |
|---|---|---|---|---|
| | | | | (en %) |
| 1 Agriculture | -136 | -109 | -27 | 20 |
| 2 Forêts | -41 | -28 | -13 | 31 |
| 3 Pêche et chasse | 2 | 10 | -9 | -420† |
| 4 Mines métalliques | -13 | -7 | -6 | 45 |
| 5 Combustibles minéraux | -13 | -7 | -6 | 46 |
| 6 Mines non métalliques | -41 | -23 | -17 | 43 |
| 7 Services miniers | -26 | 2 | -27 | 107 |
| 8 Industries des aliments et des boissons | -77 | -18 | -59 | 77 |
| 9 Industrie du tabac | -66 | -16 | -50 | 76 |
| 10 Caoutchouc et produits en matière plastique | -57 | -30 | -27 | 47 |
| 11 Industrie du cuir | -68 | -39 | -30 | 43 |
| 12 Industrie textile | -76 | -43 | -33 | 43 |
| 13 Bonneterie | -97 | -59 | -38 | 39 |
| 14 Industrie du vêtement | -63 | -35 | -28 | 44 |
| 15 Industrie du bois | -49 | -23 | -25 | 52 |
| 16 Industrie du meuble et des articles d'ameublement | -47 | -24 | -23 | 49 |
| 17 Industrie du papier et activités connexes | -29 | -9 | -20 | 68 |
| 18 Imprimerie, édition | -33 | -21 | -12 | 37 |
| 19 Première transformation des métaux | -26 | -6 | -20 | 77 |
| 20 Fabrication de produits en métal | -43 | -22 | -20 | 48 |
| 21 Fabrication de machines | -37 | -22 | -15 | 40 |
| 22 Fabrication de matériel de transport | -56 | -32 | -23 | 42 |
| 23 Fabrication de produits électriques | -53 | -29 | -23 | 44 |
| 24 Fabrication de produits non métalliques | -41 | -21 | -20 | 50 |
| 25 Fabrication de produits du pétrole et du charbon | -32 | -0 | -31 | 99 |
| 26 Industrie chimique | -45 | -20 | -25 | 56 |
| 27 Industries manufacturières diverses | -50 | -30 | -20 | 41 |
| 28 Construction | -33 | -11 | -22 | 66 |
| 29 Transports et entreposage | -58 | -39 | -18 | 32 |
| 30 Communications | -71 | -47 | -25 | 35 |
| 31 Électricité et gaz | -23 | -11 | -12 | 51 |
| 32 Commerce de gros | -40 | -25 | -15 | 38 |
| 33 Commerce de détail | -49 | -31 | -18 | 37 |
| 34 Finances, assurances et affaires immobilières | -3 | 3 | -6 | 180 |
| 35 Enseignement et services médicaux | -11 | -4 | -7 | 63 |
| 36 Services de divertissement et loisirs | -18 | -10 | -8 | 45 |
| 37 Services fournis aux entreprises | -8 | -4 | -5 | 54 |
| 38 Hébergement et restauration | -0 | 18 | -18 | 6 715 |
| 39 Autres services personnels | 40 | 49 | -9 | -21† |
| 40 Commerce international | -57 | -7 | -50 | 88 |

*En dollars constants de 1971.
†On doit interpréter ces pourcentages avec prudence puisque les effets d'amont sont négatifs tandis que la variation globale est positive.
SOURCE D'après des données de Statistique Canada et celles du tableau 2-1.

colonne 2), et la fraction restante, attribuable à l'ensemble des autres industries, soit les effets d'amont, équivalant à −27 années-personnes (chiffre figurant à la colonne 3). Les effets propres représentent les variations des besoins totaux en main-d'œuvre (par unité de production) qui peuvent être associés expressément à la principale industrie productrice (l'agriculture, dans cet exemple). Ils comprennent donc les variations des besoins en main-d'œuvre directe (main-d'œuvre agricole dans l'exemple) et les variations dans l'utilisation directe de facteurs intermédiaires et de biens de remplacement du capital fixe, ces derniers étant transformés en leur équivalent en main-d'œuvre. Les effets d'amont correspondent par conséquent à la partie restante des variations des besoins totaux en main-d'œuvre, une fois soustraits les effets propres. Ils représentent essentiellement les variations des coefficients de main-d'œuvre directe et les variations dans l'utilisation de biens intermédiaires et de biens

de remplacement du capital fixe de l'ensemble des autres industries, dans la mesure où ces dernières participent indirectement ou en dernière instance à la production d'un secteur (celui de l'agriculture dans l'exemple). Dans le présent contexte, il convient d'employer l'expression « effet d'amont » puisque, sur le plan des besoins totaux en main-d'œuvre, une industrie qui produit pour satisfaire à la demande finale n'est soumise à des effets d'amont que si elle consomme des biens intermédiaires et des biens de remplacement du capital, qui sont des facteurs de production produits en amont. On peut donc dire que les effets d'amont résultent du fait que des liaisons vers l'amont sont produites lorsqu'une industrie achète des facteurs intermédiaires.

Cela étant dit, nous pouvons maintenant examiner la dernière colonne du tableau 3-1, où les effets d'amont sont exprimés en pourcentage de la variation totale des besoins en main-d'œuvre pour chacun des 40 secteurs d'activité (il y a évidemment lieu d'interpréter ces pourcentages avec prudence dans les cas plutôt rares où les effets d'amont n'ont pas le même signe arithmétique que la variation des besoins totaux en main-d'œuvre). Il semble que, dans nombre de cas, les variations des besoins en main-d'œuvre s'expliquent bien davantage par l'importance des effets d'amont que par celle des effets propres correspondants (ou, inversement, que les effets d'amont expliquent beaucoup mieux les variations des niveaux de productivité globale du travail qui correspondent aux biens de consommation produits par chaque secteur d'activité). Le secteur canadien des entreprises manifeste donc un degré élevé d'interdépendance industrielle. Sans faire les calculs, il est toutefois difficile d'évaluer dans quelle mesure cette interdépendance contribue aux variations des besoins totaux en main-d'œuvre de chaque industrie durant la période 1961-1976. Cette question fait l'objet d'une analyse plus poussée dans la prochaine section du présent chapitre.

D'autre part, étant donné que les changements technologiques qui se produisent dans l'ensemble des autres industries peuvent faire diminuer (effet bénéfique) ou augmenter (effet néfaste) la quantité totale de main-d'œuvre nécessaire à la production de biens finals d'une industrie donnée, il y a lieu de poser une question connexe. Dans quelle mesure une industrie donnée fait-elle varier la quantité totale de main-d'œuvre nécessaire à l'activité productrice (production de biens finals) de tous les autres secteurs d'activité ? Nous nous sommes déjà interrogés sur la participation d'une industrie donnée aux variations de ses propres besoins en main-d'œuvre, c'est-à-dire sur ses effets propres. Poser cette nouvelle question, c'est simplement chercher à connaître « l'envers de la médaille » en mettant l'accent, cette fois-ci, sur les effets de liaison vers l'aval qui existent entre chaque secteur d'activité et l'ensemble du secteur commercial. Puisque ces effets résultent du fait qu'une industrie produit des biens et services intermédiaires qu'elle vend aux autres secteurs, nous les appelons effets en aval. Les effets en aval d'une industrie donnée représentent en réalité la totalité des effets d'amont qui proviennent de cette industrie. En vertu des propriétés de notre technique de décomposition, la somme des effets d'amont ou effets de facteurs (c'est-à-dire la somme des variations des besoins totaux en main-d'œuvre attribuables aux effets d'amont de chaque industrie) est identiquement égale à la somme des effets en aval ou effets de produits (c'est-à-dire la somme des variations des besoins totaux en main-d'œuvre attribuables aux effets en aval de chaque industrie). Ce résultat est exposé dans le tableau 3-2.

Ce tableau s'explique facilement. La première colonne présente les valeurs estimatives des effets en aval de chaque industrie. On peut constater que c'est dans le secteur de l'agriculture (n° 1) et dans celui des transports et de l'entreposage (n° 29) que ces effets, qui se traduisent par une baisse des besoins totaux en main-d'œuvre dans l'ensemble du secteur commercial (et, partant, par une hausse des niveaux de la productivité globale du travail) sont les plus importants. (Une analyse plus détaillée est présentée dans la prochaine section.) Dans le cas des services fournis aux entreprises (industrie n° 37), le contraire se produit, tout au moins durant la période 1961-1976. La deuxième colonne contient tout simplement l'addition, par secteur d'activité, de la première colonne du présent tableau et de la deuxième colonne du tableau 3-1. Nous appelons ces sommes, par industrie, des effets propres et des effets en aval, les effets associés globaux. Il est également intéressant de comparer les effets d'amont d'une industrie (résultats tirés de la troisième colonne du tableau 3-1) à ses effets en aval, comparaison qui ressort implicitement de la troisième colonne du tableau 3-2. Il y a lieu de signaler que la somme des chiffres de cette colonne est égale à zéro. La dernière colonne exprime les effets en aval en pourcentage des effets associés globaux. Cette mesure illustre de nouveau l'importance de l'interdépendance industrielle au Canada. Dans nombre de cas, les effets en aval d'une industrie sont beaucoup plus importants que ses effets propres.

À ce stade, le lecteur se rend sans doute compte que tous les effets d'amont et effets en aval sont finalement tirés d'une matrice 40 x 40 de décomposition des variations des besoins en main-d'œuvre (1961-1976) qui illustre simultanément les liaisons intermédiaires entre industries. On trouve cette

Tableau 3-2

Variation des besoins totaux en main-d'œuvre transmise aux autres secteurs par le biais des effets en aval et des effets associés globaux, en années-personnes par unité de production d'un million de dollars*, 40 secteurs d'activité, 1961-1976

| | Variation attribuable aux effets en aval | Variation attribuable aux effets associés globaux | Effets en aval moins effets d'amont | Effets en aval en proportion des effets associés globaux |
|---|---|---|---|---|
| | | | | (en %) |
| 1 Agriculture | -264 | -372 | -236 | 71 |
| 2 Forêts | -56 | -84 | -43 | 66 |
| 3 Pêche et chasse | -2 | 8 | 6 | -29† |
| 4 Mines métalliques | -30 | -38 | -24 | 81 |
| 5 Combustibles minéraux | -10 | -18 | -4 | 59 |
| 6 Mines non métalliques | -7 | -30 | 11 | 22 |
| 7 Services miniers | 5 | 6 | 32 | 71 |
| 8 Industries des aliments et des boissons | -24 | -41 | 36 | 57 |
| 9 Industrie du tabac | -1 | -17 | 49 | 7 |
| 10 Caoutchouc et produits en matière plastique | -4 | -34 | 23 | 11 |
| 11 Industrie du cuir | -5 | -44 | 25 | 11 |
| 12 Industrie textile | -35 | -78 | -2 | 45 |
| 13 Bonneterie | -3 | -63 | 34 | 5 |
| 14 Industrie du vêtement | -2 | -38 | 25 | 7 |
| 15 Industrie du bois | -28 | -52 | -3 | 55 |
| 16 Industrie du meuble et des articles d'ameublement | -3 | -27 | 21 | 10 |
| 17 Industrie du papier et activités connexes | -36 | -45 | -16 | 79 |
| 18 Imprimerie, édition | -22 | -43 | -10 | 51 |
| 19 Première transformation des métaux | -30 | -37 | -10 | 84 |
| 20 Fabrication de produits en métal | -20 | -43 | 0 | 48 |
| 21 Fabrication de machines | -17 | -39 | -2 | 43 |
| 22 Fabrication de matériel de transport | 6 | -27 | 29 | -20† |
| 23 Fabrication de produits électriques | -22 | -51 | 2 | 42 |
| 24 Fabrication de produits non métalliques | -9 | -30 | 11 | 31 |
| 25 Fabrication de produits du pétrole et du charbon | -3 | -3 | 29 | 90 |
| 26 Industrie chimique | -21 | -41 | 4 | 52 |
| 27 Industries manufacturières diverses | -9 | -38 | 11 | 23 |
| 28 Construction | -50 | -61 | -28 | 82 |
| 29 Transports et entreposage | -108 | -147 | -90 | 73 |
| 30 Communications | -25 | -71 | -0 | 35 |
| 31 Électricité et gaz | -6 | -17 | 6 | 35 |
| 32 Commerce de gros | -34 | -58 | -19 | 58 |
| 33 Commerce de détail | -22 | -53 | -4 | 41 |
| 34 Finances, assurances et affaires immobilières | 2 | 4 | 7 | 42 |
| 35 Enseignement et services médicaux | 0 | -4 | 7 | -2† |
| 36 Services de divertissement et loisirs | -2 | -12 | 6 | 19 |
| 37 Services fournis aux entreprises | 23 | 19 | 28 | 120 |
| 38 Hébergement et restauration | 1 | 18 | 19 | 4 |
| 39 Autres services personnels | 15 | 64 | 23 | 23 |
| 40 Commerce international | 0 | -7 | 50 | 0 |

*En dollars constants de 1971.
†On doit interpréter ces pourcentages avec prudence puisque les effets en aval et les effets associés globaux n'ont pas le même signe.
SOURCE D'après des données de Statistique Canada et celles du tableau 3-1.

matrice au tableau A-4 de l'appendice mathématique (où des explications plus détaillées sont fournies). La somme de chaque colonne de la matrice donne les effets d'amont des diverses industries alors que la somme de chaque ligne fournit les effets en aval. En fait, chaque élément de la matrice 40 x 40 est à la fois l'effet d'amont qui s'exerce sur l'industrie de la colonne correspondante et l'effet en aval de l'industrie de la ligne correspondante. Il est ainsi possible de savoir dans quelle proportion chaque industrie contribue, par ses effets en aval, à l'ensemble des effets d'amont qui s'exercent sur une industrie donnée. Des exemples importants de cette procédure sont fournis plus loin.

## Analyse de décomposition des taux de croissance de la productivité

La procédure décrite dans la section qui précède avait pour but de décomposer, pour chaque industrie, les variations des besoins en main-d'œuvre par unité de production acheminée vers la demande finale. Implicitement, en prenant l'inverse des résultats obtenus, on obtient une décomposition des variations du niveau de la productivité globale du travail. Toutes les nouvelles notions (effets propres, effets d'amont, effets en aval) se réfèrent à des variations; elles ne fournissent donc pas un nouvel ensemble de niveaux de productivité qui seraient utiles dans une analyse économique. Il est certainement possible, toutefois, de se servir des données décomposées présentées aux tableaux 3-1 et 3-2 pour les transformer en de nouvelles séries de taux de croissance de la productivité. Dans la présente section, nous définirons et expliquerons ces taux de croissance d'un genre nouveau appliqués aux sous-périodes 1961-1966, 1966-1971 et 1971-1976. Nous allons maintenant examiner les tableaux 3-3, 3-4 et 3-5 en commençant par le tableau 3-3 qui porte sur la période 1961-1966.

Dans la première colonne du tableau 3-3, on ne fait que répéter les taux de croissance de la productivité globale du travail (calculés selon la méthode des entrées-sorties) qui figurent déjà dans le tableau 2-4. La deuxième colonne nous montre quels seraient ces taux de croissance si les changements technologiques (variations des coefficients de la main-d'œuvre directe et des facteurs intermédiaires) ne se manifestaient que dans la seule industrie correspondant au stade final de la production (par exemple le changement technologique peut survenir dans l'industrie de l'automobile, mais nulle part ailleurs). Le résultat de la deuxième colonne est obtenu en ajoutant, pour chaque industrie, les effets propres calculés selon une méthode analogue à celle qui est appliquée dans le tableau 3-1 aux besoins totaux en main-d'œuvre par unité de production de l'année 1961. Pour la plupart des industries, les effets propres de la période 1961-1966, puisqu'ils sont négatifs, donnent lieu à une diminution des besoins totaux en main-d'œuvre en 1966 ou, inversement, à une augmentation des niveaux de la productivité globale du travail. Ce sont ces nouveaux niveaux de productivité, partiellement plus élevés en 1966 qu'en 1961, qui servent de base au calcul des taux de croissance de la productivité attribuables aux effets propres pour la période 1961-1966; ces taux figurent dans la deuxième colonne du tableau 3-3. En d'autres termes, il s'agit de la contribution (composante) des effets propres aux taux de croissance de la productivité globale du travail. Dans la troisième colonne, on trouve les données relatives à la croissance de la productivité qui est attribuable à l'ensemble des changements technologiques survenus dans l'ensemble du secteur commercial, à l'exception des changements relevés dans l'industrie productrice des biens finals ou des biens intermédiaires en rubrique. Il s'agit du taux de croissance de la productivité attribuable aux effets d'amont pour la période 1961-1966 ou, tout simplement, de la contribution (composante) des effets d'amont aux taux de croissance de la productivité globale du travail. Cette composante est calculée de la même manière (à partir d'effets d'amont comme ceux du tableau 3-1) que celle des effets propres. On peut facilement démontrer, à ce stade, que la somme de la composante des effets propres, de la composante des effets d'amont et de leurs effets d'interaction est égale au taux de croissance de départ, celui de la première colonne (pour chaque industrie, sans exception). Il convient d'ajouter que les effets d'interaction sont très minimes en règle générale, surtout lorsque les valeurs des deux types de composantes sont faibles (le lecteur peut facilement vérifier cette assertion en calculant les effets d'interaction comme valeurs résiduelles).

Il ressort nettement du tableau 3-3 que, pour certains secteurs d'activité, la composante des effets propres prédomine par rapport à celle des effets d'amont; c'est le cas, par exemple, de l'agriculture (n° 1), de la pêche et de la chasse (n° 3), de la bonneterie (n° 13) et des autres services personnels (n° 39). Pour ces industries, les variations de la productivité globale du travail, qu'elles soient positives ou négatives, découlent principalement du stade final de production. Dans certains autres secteurs, la production de biens de consommation finale bénéficie surtout de progrès technologiques réalisés dans les industries qui sont leurs fournisseurs directs et indirects plutôt que de progrès endogènes, comme en fait foi la prédominance des effets d'amont. Voici certains exemples importants d'industries où les effets d'amont sont prépondérants dans les variations de la croissance de la productivité globale du travail : industrie des aliments et des boissons (n° 8), première transformation des métaux (n° 19), fabrication de produits du pétrole et du charbon (n° 25), construction (n° 28) et hébergement et restauration (n° 38). Dans le dernier cas, les effets d'amont font augmenter le niveau de la productivité globale, tandis que les effets propres font décroître le niveau et le taux de croissance de la productivité.

Nous pouvons maintenant examiner les deux dernières colonnes du tableau 3-3. Les composantes des effets en aval inscrites dans la quatrième colonne sont fondées sur l'analyse de décompositon antérieure (tableau 3-2) d'où découlent les effets en aval

Tableau 3-3

**Décomposition du taux de croissance annuel moyen de la productivité globale du travail, 40 secteurs d'activité, 1961-1966**

En pourcentage

| | Taux global moyenne de 1961-1966 | Composante des effets propres | Composante des effets d'amont | Composante des effets en aval | Composante des effets associés globaux |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 Agriculture | 7,8 | 5,7 | 1,5 | 19,4 | 42,9 |
| 2 Forêts | 2,5 | 0,9 | 1,5 | 3,7 | 4,9 |
| 3 Pêche et chasse | -1,3 | -1,7 | 0,4 | -0,1 | -1,8 |
| 4 Mines métalliques | 1,7 | 1,1 | 0,6 | 4,9 | 6,4 |
| 5 Combustibles minéraux | 2,8 | 1,6 | 1,1 | 1,8 | 3,5 |
| 6 Mines non métalliques | 5,2 | 3,1 | 1,8 | 0,7 | 3,9 |
| 7 Services miniers | 2,7 | -0,4 | 3,3 | -0,3 | -0,8 |
| 8 Industries des aliments et des boissons | 5,4 | 0,7 | 4,5 | 1,3 | 2,0 |
| 9 Industrie du tabac | 5,4 | 0,6 | 4,5 | 0,1 | 0,7 |
| 10 Caoutchouc et produits en matière plastique | 5,2 | 2,5 | 2,3 | 0,3 | 2,8 |
| 11 Industrie du cuir | 3,3 | 1,5 | 1,6 | 0,2 | 1,8 |
| 12 Industrie textile | 4,3 | 2,2 | 1,9 | 1,5 | 4,0 |
| 13 Bonneterie | 5,7 | 3,4 | 1,8 | 0,1 | 3,6 |
| 14 Industrie du vêtement | 3,0 | 1,5 | 1,4 | 0,0 | 1,5 |
| 15 Industrie du bois | 3,6 | 1,5 | 1,9 | 2,9 | 4,7 |
| 16 Industrie du meuble et des articles d'ameublement | 3,9 | 2,0 | 1,7 | 0,2 | 2,1 |
| 17 Industrie du papier et activités connexes | 2,8 | 0,9 | 1,8 | 3,4 | 4,5 |
| 18 Imprimerie, édition | 2,3 | 1,2 | 1,0 | 1,9 | 3,2 |
| 19 Première transformation des métaux | 2,8 | 0,7 | 2,0 | 2,8 | 3,7 |
| 20 Fabrication de produits en métal | 4,2 | 2,0 | 1,9 | 1,0 | 3,2 |
| 21 Fabrication de machines | 4,0 | 2,5 | 1,3 | 2,4 | 5,3 |
| 22 Fabrication de matériel de transport | 4,0 | 2,3 | 1,4 | -0,9 | 1,3 |
| 23 Fabrication de produits électriques | 4,1 | 2,2 | 1,6 | 1,2 | 3,6 |
| 24 Fabrication de produits non métalliques | 4,0 | 1,9 | 1,9 | 0,8 | 2,8 |
| 25 Fabrication de produits du pétrole et du charbon | 4,7 | 0,2 | 4,4 | 0,5 | 0,7 |
| 26 Industrie chimique | 4,4 | 1,8 | 2,3 | 1,7 | 3,7 |
| 27 Industries manufacturières diverses | 3,2 | 1,7 | 1,4 | 0,4 | 2,1 |
| 28 Construction | 2,9 | 0,7 | 2,2 | 5,0 | 5,9 |
| 29 Transports et entreposage | 5,6 | 3,5 | 1,7 | 11,2 | 18,4 |
| 30 Communications | 4,2 | 2,3 | 1,6 | 1,5 | 4,0 |
| 31 Électricité et gaz | 5,1 | 3,1 | 1,7 | 1,9 | 5,4 |
| 32 Commerce de gros | 3,3 | 2,0 | 1,1 | 3,1 | 5,6 |
| 33 Commerce de détail | 2,7 | 1,6 | 1,0 | 1,0 | 2,8 |
| 34 Finances, assurances et affaires immobilières | 0,7 | 0,1 | 0,7 | 2,0 | 2,0 |
| 35 Enseignement et services médicaux | 2,2 | 1,1 | 1,1 | 0,0 | 1,1 |
| 36 Services de divertissement et loisirs | -1,2 | -1,7 | 0,5 | -0,1 | -1,8 |
| 37 Services fournis aux entreprises | -0,5 | -1,0 | 0,6 | -2,5 | -3,4 |
| 38 Hébergement et restauration | -0,5 | -2,2 | 2,0 | -0,8 | -2,9 |
| 39 Autres services personnels | -1,8 | -2,2 | 0,5 | -0,8 | -2,9 |
| 40 Commerce international | 4,6 | 0,1 | 4,4 | 0,0 | 0,1 |
| Tous les secteurs | 3,3 | 1,0 | 2,1 | 2,0 | 3,2 |

SOURCE D'après des données de Statistique Canada et celles du tableau 2-4

de chaque secteur d'activité. On a tout simplement additionné les effets en aval successifs de la période 1961-1966 aux besoins totaux en main-d'œuvre par unité de production de l'année de départ, 1961. Lorsque les effets en aval sont négatifs, ils contribuent à la diminution des besoins totaux en main-d'œuvre et donc à la hausse des niveaux de la productivité globale du travail. Examinons un secteur en particulier, l'agriculture. La composante des effets en aval (exprimée dans la colonne 4, ligne 1), nous indique quel serait le taux de croissance de la productivité globale du travail dans le secteur agricole si ce secteur arrivait d'une manière ou d'une autre à capter lui-même les effets qu'il produit en aval (ceux qui entraînent indirectement un accroissement des niveaux de productivité dans l'ensemble des autres secteurs). Il est essentiel de souligner que l'idée qui vient d'être énoncée repose sur une notion fictive qui

ne peut avoir d'équivalent dans la réalité (il est tout à fait impossible que l'agriculture capte ses effets en aval; elle capte cependant ses effets d'amont, tels que définis). Néanmoins, la notion d'une contribution des effets en aval au taux de croissance de la productivité d'une industrie, telle qu'on l'a définie, a le mérite de situer les effets d'amont par rapport aux industries productrices d'où ils proviennent (voir l'analyse de la section précédente) et d'exprimer leur importance relative sous l'angle d'un taux de croissance de la productivité soigneusement défini (mais fictif). La dernière colonne du tableau 3-3, celle qui représente la contribution des effets associés globaux au taux de croissance de la productivité, est tout simplement obtenue en faisant la somme, par secteur d'activité, de la composante des effets propres (colonne 2), de la composante des effets en aval (colonne 4) et de leurs effets d'interaction. Ces derniers effets, que l'on peut calculer comme élément résiduel, sont considérables dans le cas de l'agriculture (n° 1) et de l'industrie des transports et de l'entreposage (n° 29). Il convient d'examiner de plus près ces deux secteurs d'activité.

Il ressort des tableaux 3-3 et 3-2 (ce dernier portant sur l'ensemble de la période 1961-1976) que les effets en aval des secteurs de l'agriculture et des transports et de l'entreposage sont particulièrement importants en valeur absolue, qu'on les mesure en termes de variations des besoins en main-d'œuvre (comme dans le tableau 3-2) ou en termes de contribution aux taux de croissance de la productivité. Bien qu'il soit facile d'expliquer ces ordres de grandeur en remontant aux opérations mathématiques de la procédure de décomposition, nous allons plutôt tenter ici d'en fournir une explication plus intuitive. Ces secteurs jouent tous deux un rôle très considérable à titre de fournisseurs directs ou indirects de biens ou de services intermédiaires à l'ensemble des autres secteurs (y compris à titre de fournisseurs réciproques). En effet, une part importante de la production des deux secteurs est destinée à une étape de transformation intermédiaire plutôt qu'à la consommation finale (on se souviendra que, dans le présent contexte, le secteur du commerce international est considéré comme endogène). Dans les deux cas, ces secteurs ont connu des progrès technologiques considérables au cours des périodes à l'étude, ce qui s'est surtout concrétisé par une réduction de leurs coefficients respectifs de main-d'œuvre directe (ce fait est confirmé en partie par l'importance de la contribution des effets propres à leurs taux de croissance de la productivité. En poussant plus loin l'analyse, nous constatons également que les produits agricoles et les services de transport sont généralement consommés, comme facteurs intermédiaires, tout aussi efficacement dans les dernières années de la période que dans la première année, soit en 1961. À partir de cet ensemble de caractéristiques économiques particulières, on peut conclure que la quantité totale de main-d'œuvre nécessaire à la production de biens et services destinés à la demande finale baisse substantiellement dans plusieurs industries, en raison d'effets d'amont qui, en dernière analyse, remontent soit à l'agriculture, soit aux transports et à l'entreposage, soit à ces deux secteurs. Les effets en aval de ces deux secteurs, tels qu'ils ont été définis, sont donc très considérables. On peut en dire autant des effets associés globaux des deux mêmes secteurs mais, dans ce cas, il n'y a rien à ajouter à l'explication donnée puisque ces effets correspondent simplement à l'addition des effets en aval et des effets propres (et de leurs effets d'interaction). Plus loin dans la présente étude, nous commenterons les tendances plus récentes que révèle l'analyse des effets en aval, surtout pour la période 1971-1976 (tableau 3-5).

Des remarques explicatives s'imposent également dans le cas de la rubrique du commerce international des tableaux 3-3, 3-4 et 3-5. Selon les résultats mis en lumière par la procédure de décomposition, la croissance de la productivité globale du travail de ce secteur « artificiel » d'échange est presque entièrement attribuable aux effets d'amont, qui sont des effets indirects. Ces effets reflètent les progrès technologiques qui ont cours dans l'ensemble de l'économie et qui sont captés par les industries canadiennes exportatrices, selon l'importance relative des divers produits d'exportation. La contribution des effets propres à la croissance de la productivité globale du travail est peu importante puisque le secteur du commerce international n'utilise aucune main-d'œuvre directe et que, par définition, il ne peut bénéficier de variations de ce facteur. Néanmoins, la valeur de la composante des effets propres n'est pas nulle et cela est surtout attribuable aux variations des termes canadiens de l'échange, comme on l'explique au chapitre 2. Selon la ligne de la rubrique du commerce international (n° 40) des trois tableaux, la composante des effets propres prend une valeur nettement plus importante au cours de la période la plus récente, soit 1971-1976, que durant les sous-périodes précédentes. Il importe cependant de souligner que les effets propres, tels qu'ils ont été mesurés, incorporent également un effet mineur attribuable à l'évolution de la composition des exportations canadiennes. Finalement, on constate que la valeur des effets en aval est toujours égale à zéro; cela découle de l'absence d'un coefficient de main-d'œuvre directe dans ce secteur (selon la méthode suivie dans le présent chapitre).

On trouve également à la dernière ligne des tableaux 3-3, 3-4 et 3-5 les taux agrégés de crois-

Tableau 3-4

**Décomposition du taux de croissance annuel moyen de la productivité globale du travail, 40 secteurs d'activité, 1966-1971**

En pourcentage

| | Taux global moyenne de 1966-1971 | Composante des effets propres | Composante des effets d'amont | Composante des effets en aval | Composante des effets associés globaux |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 Agriculture | 3,5 | 3,0 | 0,4 | 8,5 | 13,7 |
| 2 Forêts | 3,9 | 3,4 | 0,4 | 4,4 | 8,9 |
| 3 Pêche et chasse | 0,9 | 0,8 | 0,1 | 0,4 | 1,1 |
| 4 Mines métalliques | 0,6 | 0,5 | 0,1 | 2,0 | 2,5 |
| 5 Combustibles minéraux | 2,3 | 1,7 | 0,5 | 1,2 | 3,0 |
| 6 Mines non métalliques | 2,5 | 1,3 | 1,2 | 0,2 | 1,5 |
| 7 Services miniers | 1,0 | -0,6 | 1,7 | -0,9 | -1,5 |
| 8 Industries des aliments et des boissons | 4,1 | 1,2 | 2,6 | 1,1 | 2,4 |
| 9 Industrie du tabac | 3,8 | 1,2 | 2,4 | 0,0 | 1,3 |
| 10 Caoutchouc et produits en matière plastique | 3,8 | 2,3 | 1,3 | 0,3 | 2,7 |
| 11 Industrie du cuir | 3,7 | 2,3 | 1,3 | 0,2 | 2,5 |
| 12 Industrie textile | 5,2 | 3,3 | 1,6 | 2,5 | 6,4 |
| 13 Bonneterie | 4,9 | 3,0 | 1,6 | 0,1 | 3,2 |
| 14 Industrie du vêtement | 3,0 | 1,5 | 1,4 | -0,0 | 1,5 |
| 15 Industrie du bois | 2,9 | 1,4 | 1,4 | 0,9 | 2,4 |
| 16 Industrie du meuble et des articles d'ameublement | 2,5 | 1,3 | 1,1 | 0,1 | 1,4 |
| 17 Industrie du papier et activités connexes | 2,1 | 0,6 | 1,4 | 2,3 | 3,0 |
| 18 Imprimerie, édition | 1,8 | 1,1 | 0,7 | 1,1 | 2,3 |
| 19 Première transformation des métaux | 2,4 | 1,0 | 1,4 | 2,3 | 3,4 |
| 20 Fabrication de produits en métal | 2,9 | 1,6 | 1,2 | 1,5 | 3,2 |
| 21 Fabrication de machines | 1,5 | 0,6 | 0,9 | 0,2 | 0,9 |
| 22 Fabrication de matériel de transport | 4,5 | 2,6 | 1,6 | -1,5 | 0,9 |
| 23 Fabrication de produits électriques | 3,1 | 1,5 | 1,5 | 0,6 | 2,1 |
| 24 Fabrication de produits non métalliques | 2,9 | 1,5 | 1,3 | 0,4 | 2,0 |
| 25 Fabrication de produits du pétrole et du charbon | 1,0 | -0,0 | 1,0 | -0,1 | -0,1 |
| 26 Industrie chimique | 2,9 | 1,1 | 1,7 | 1,2 | 2,4 |
| 27 Industries manufacturières diverses | 3,6 | 2,3 | 1,1 | 0,5 | 2,9 |
| 28 Construction | 2,7 | 1,5 | 1,1 | 5,4 | 7,5 |
| 29 Transports et entreposage | 3,5 | 2,6 | 0,7 | 6,1 | 10,0 |
| 30 Communications | 4,4 | 3,0 | 1,2 | 1,5 | 4,8 |
| 31 Électricité et gaz | -0,3 | -0,6 | 0,4 | -0,6 | -1,2 |
| 32 Commerce de gros | 3,0 | 1,8 | 1,0 | 0,9 | 2,9 |
| 33 Commerce de détail | 2,0 | 1,1 | 0,9 | 0,4 | 1,4 |
| 34 Finances, assurances et affaires immobilières | 1,1 | 0,2 | 0,8 | -0,6 | -0,4 |
| 35 Enseignement et services médicaux | 1,9 | 1,1 | 0,8 | -0,0 | 1,1 |
| 36 Services de divertissement et loisirs | 1,1 | 0,8 | 0,3 | 0,2 | 1,0 |
| 37 Services fournis aux entreprises | 0,6 | 1,0 | -0,4 | -0,4 | 0,6 |
| 38 Hébergement et restauration | 0,6 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,7 |
| 39 Autres services personnels | -1,8 | 2,0 | 0,3 | -0,7 | -2,6 |
| 40 Commerce international | 3,0 | 0,4 | 2,5 | 0,0 | 0,4 |
| Tous les secteurs | 2,8 | 1,4 | 1,5 | 1,7 | 3,0 |

SOURCE D'après des données de Statistique Canada et celles du tableau 2-4

sance de la productivité. La technique retenue pour agréger les taux de croissance de la productivité de chaque secteur afin d'obtenir les divers types de taux de croissance de la productivité est tout à fait analogue à la procédure d'agrégation expliquée dans le chapitre 2. De nouveau, nous attribuons les coefficients (variables) appropriés de pondération de la demande finale aux valeurs observées des niveaux de la productivité globale du travail dans la période initiale et des niveaux de productivité partielle dans la période finale (productivité partielle par rapport, disons, aux effets propres seulement). Cette procédure donne alors lieu à une décomposition du taux agrégé de croissance de la productivité globale du travail d'où découlent la composante des effets propres et celle des effets d'amont (plus une valeur approximative des effets d'interaction). Il est intéressant de noter l'évolution de l'importance relative des

Tableau 3-5

**Décomposition du taux de croissance annuel moyen de la productivité globale du travail, 40 secteurs d'activité, 1971-1976**

En pourcentage

| | Taux global moyenne de 1971-1976 | Composante des effets propres | Composante des effets d'amont | Composante des effets en aval | Composante des effets associés globaux |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 Agriculture | 2,7 | 2,1 | 0,5 | 6,2 | 9,3 |
| 2 Forêts | 1,4 | 1,2 | 0,2 | 2,9 | 4,3 |
| 3 Pêche et chasse | 0,2 | -0,5 | 0,6 | 0,0 | -0,4 |
| 4 Mines métalliques | 1,3 | 0 3 | 0,9 | 1,8 | 2,2 |
| 5 Combustibles minéraux | -0,6 | -0,9 | 0,3 | 0,6 | -0,3 |
| 6 Mines non métalliques | 1,8 | 0,8 | 1,0 | 0,6 | 1,4 |
| 7 Services miniers | 2,4 | 0,8 | 1,6 | 0,3 | 1,0 |
| 8 Industries des aliments et des boissons | 2,3 | 0,6 | 1,6 | 1,0 | 1,7 |
| 9 Industrie du tabac | 3,2 | 0,9 | 2,1 | 0,1 | 1,1 |
| 10 Caoutchouc et produits en matière plastique | 2,2 | 0,7 | 1,5 | 0,1 | 0,8 |
| 11 Industrie du cuir | 3,0 | 1,8 | 1,2 | 0,2 | 1,9 |
| 12 Industrie textile | 3,6 | 1,5 | 1,9 | 2,0 | 3,7 |
| 13 Bonneterie | 4,3 | 1,8 | 2,3 | 0,3 | 2,1 |
| 14 Industrie du vêtement | 3,6 | 2,2 | 1,2 | 0,4 | 2,7 |
| 15 Industrie du bois | 2,1 | 1,0 | 1,0 | 0,9 | 2,0 |
| 16 Industrie du meuble et des articles d'ameublement | 1,4 | 0,5 | 0,9 | 0,2 | 0,8 |
| 17 Industrie du papier et activités connexes | 1,2 | 0,3 | 0,9 | 2,0 | 2,3 |
| 18 Imprimerie, édition | 2,9 | 2,0 | 0,8 | 1,3 | 3,5 |
| 19 Première transformation des métaux | 0,7 | -0,3 | 1,1 | 2,0 | 1,7 |
| 20 Fabrication de produits en métal | 1,8 | 0,8 | 0,9 | 2,0 | 2,9 |
| 21 Fabrication de machines | 2,6 | 1,4 | 1,1 | 1,0 | 2,5 |
| 22 Fabrication de matériel de transport | 3,7 | 1,5 | 2,0 | 2,2 | 3,9 |
| 23 Fabrication de produits électriques | 3,7 | 2,1 | 1,4 | 2,7 | 5,2 |
| 24 Fabrication de produits non métalliques | 2,3 | 1,1 | 1,2 | 0,8 | 1,9 |
| 25 Fabrication de produits du pétrole et du charbon | 2,4 | -0,2 | 2,6 | 0,2 | -0,0 |
| 26 Industrie chimique | 2,4 | 1,2 | 1,2 | 1,7 | 3,0 |
| 27 Industries manufacturières diverses | 2,7 | 1,3 | 1,2 | 0,8 | 2,2 |
| 28 Construction | 1,6 | 0,1 | 1,4 | 0,9 | 1,1 |
| 29 Transports et entreposage | 2,5 | 1,6 | 0,9 | 8,3 | 10,9 |
| 30 Communications | 5,0 | 3,1 | 1,6 | 1,1 | 4,4 |
| 31 Électricité et gaz | 2,3 | 0,8 | 1,4 | 0,2 | 1,0 |
| 32 Commerce de gros | 2,2 | 1,2 | 0,9 | 3,4 | 4,8 |
| 33 Commerce de détail | 1,9 | 1,4 | 0,5 | 1,5 | 3,1 |
| 34 Finances, assurances et affaires immobilières | -0,7 | -1,2 | 0,5 | -1,9 | -3,0 |
| 35 Enseignement et services médicaux | -0,7 | -1,0 | 0,2 | -0,0 | -1,0 |
| 36 Services de divertissement et loisirs | 3,5 | 2,9 | 0,5 | 0,2 | 3,2 |
| 37 Services fournis aux entreprises | 1,7 | 0,9 | 0,8 | -1,6 | -0,8 |
| 38 Hébergement et restauration | -0,1 | -0,5 | 0,5 | 0,1 | -0,5 |
| 39 Autres services personnels | -1,3 | -1,6 | 0,3 | -0,4 | 1,9 |
| 40 Commerce international | 4,3 | 0,8 | 3,4 | 0,0 | 1,8 |
| Tous les secteurs | 2,0 | 0,7 | 1,3 | 1,0 | 1,7 |

SOURCE D'après des données de Statistique Canada et celles du tableau 2-4.

composantes de cette valeur agrégée de la productivité au cours des diverses sous-périodes. On constate que le ralentissement de la productivité au Canada (stades initiaux) se traduit plus au niveau de la composante des effets propres qu'à celui de la composante des effets d'amont. De la même manière, nous calculons la contribution des effets associés globaux au taux agrégé de croissance de la productivité en combinant les effets propres et les effets en aval. Il y a lieu de souligner de nouveau que ce taux particulier de croissance n'est calculé qu'à des fins de comparaison et n'a aucun équivalent dans la réalité. De toute manière, nous avons démontré que la méthode proposée d'analyse de la productivité débouche sur un taux de croissance de la productivité globale du travail dont la décomposition, tant au niveau du secteur d'activité qu'au niveau agrégé, donne lieu à des résultats valables sur le plan écono-

mique. Un des éléments de ce taux de croissance, soit la composante des effets propres, est le pendant des taux de croissance de productivité de type classique puisqu'il s'agit d'une composante qui n'incorpore que les changements technologiques propres à l'industrie. La nouvelle méthode d'analyse interindustrielle fournit cependant aussi d'autres éléments qui permettent de poursuivre plus à fond l'analyse de la productivité.

## Deux applications assorties d'interprétations supplémentaires

La présente section contient deux applications importantes de la décomposition des variations de productivité selon notre méthode d'analyse interindustrielle. Bien que les résultats qui suivent soient certes intéressants, ils servent surtout à illustrer davantage la nature de la nouvelle méthode et à étayer des interprétations plus approfondies.

Personne n'ignore que les mesures officielles de la production réelle de certains secteurs des services, même ceux du secteur commercial, ne sont pas clairement définies et qu'elles pourraient être grandement améliorées. Nous avons pu obtenir une mesure expérimentale de la production du secteur canadien des finances, des assurances et des affaires immobilières (nº 34)[2]. Il semble que cette mesure offre des avantages importants par rapport aux estimations officielles utilisées jusqu'à maintenant dans la présente étude. Il se trouve que les taux de croissance de la production brute réelle sont très semblables selon l'une ou l'autre mesure pour les sous-périodes 1961-1966 et 1966-1971, tandis que pour la sous-période 1971-1976, la mesure expérimentale donne un taux de croissance beaucoup plus élevé (le niveau de production réelle de l'année 1976 calculé selon cette mesure est supérieur d'environ 22 % à celui qu'on obtient selon la mesure officielle pour la même année). De fait, la mesure expérimentale de la production réelle renferme un indice de déflation différent, ce qui donne à croire que l'indice de déflation officiel applique au secteur des finances, des assurances et des affaires immobilières contient probablement une erreur systématique par excès. Il y a lieu, cependant, de souligner que le secteur des finances, des assurances et des affaires immobilières est non seulement un secteur d'activité important au Canada (il représente au moins 10 % du produit intérieur brut en valeur ajoutée) mais qu'il est également celui qui produit la plus grande quantité des biens et des services intermédiaires considérés dans la présente étude. Lorsqu'on utilise la mesure expérimentale, il convient donc d'ajuster à la hausse aussi bien la production brute réelle du secteur des finances, des assurances et des affaires immobilières que la quantité réelle de services intermédiaires produits par ce secteur et consommés par l'ensemble du secteur commercial, y compris ceux que le secteur des finances, des assurances et des affaires immobilières consomme lui-même. Ces ajustements sont possibles dans le cadre de la méthode d'analyse de la productivité fondée sur les entrées-sorties. Quelle incidence aurait donc l'utilisation de la mesure expérimentale sur la structure de la croissance de la productivité canadienne, telle qu'elle figure au tableau 3-5 pour la période 1971-1976 ? On peut trouver la réponse à cette question en comparant le tableau 3-5 au tableau 3-6 où la mesure expérimentale est appliquée.

L'une des propriétés remarquables de la méthode des entrées-sorties a trait au fait que l'utilisation de la mesure expérimentale n'influe nullement sur les taux de croissance de la productivité globale du travail des divers secteurs d'activité (colonne 1 des deux tableaux), sauf sur celui du secteur des finances, des assurances et des affaires immobilières (nº 34). Selon le tableau 3-5, le taux de croissance de la productivité globale du travail de ce secteur est de – 0,7 % pour la période 1971-1976; il n'est pas surprenant que, dans le tableau 3-6, le taux de croissance révisé correspondant soit beaucoup plus élevé et s'établisse à 3,3 %. Ce qui peut étonner, c'est le fait qu'aucun des autres taux de croissance ne varie en fonction de la rectification. Ce résultat n'est toutefois pas si étonnant si l'on considère que l'ajustement en question se traduit non seulement par un redressement à la hausse de la production brute du secteur des finances, des assurances et des affaires immobilières, mais également par un redressement analogue de la consommation intermédiaire des services de ce secteur par l'ensemble des secteurs. Cette constatation devient encore plus évidente si nous examinons les résultats de la décomposition des taux de croissance en leurs composantes d'effets propres et d'effets d'amont. En effet, en comparant les deuxièmes colonnes des tableaux 3-5 et 3-6, nous observons une légère diminution, dans chacun des secteurs, de la contribution des effets propres aux taux de croissance, par suite du redressement, ce qui traduit une utilisation intermédiaire accrue des services du secteur des finances, des assurances et des affaires immobilières (une « régression » technologique, toutes autres choses étant égales par ailleurs). De nouveau, cela est vrai pour tous les secteurs sauf celui des finances, des assurances et des affaires immobilières où la contribution des effets propres s'établit maintenant à 2,0 % par rapport à un taux estimatif antérieur (tableau 3-5) de – 1,2 %. Cette augmentation est due au fait que le coefficient de main-d'œuvre directe de ce secteur augmente

substantiellement lorsqu'on corrige à la hausse sa production réelle. Or, étant donné que les taux de croissance de la productivité globale du travail pour chacun des secteurs (sauf celui des finances, des assurances et des affaires immobilières) demeurent inchangés tandis que la contribution des effets propres diminue légèrement, la contribution des effets d'amont devrait augmenter légèrement et c'est exactement ce que l'on constate en examinant les résultats de la troisième colonne des deux tableaux. De fait, l'analyse de la quatrième colonne montre que la légère augmentation des effets d'amont de chacune des industries découle d'un accroissement important des effets en aval du secteur des finances, des assurances et des affaires immobilières. En termes de taux de croissance de la productivité, ces derniers effets correspondent à un taux de – 1,9 % (tableau 3-5) tandis qu'après redressement, le taux est de 0,9 % (tableau 3-6). L'augmentation considérable des effets en aval du secteur des finances, des assurances et des affaires immobilières est surtout attribuable à la réduction du coefficient de main-d'œuvre directe de ce secteur, à laquelle s'ajoute l'augmentation du niveau de consommation intermédiaire directe et indirecte des services du même secteur dans toute l'économie. La dernière ligne du tableau 3-6 fournit une nouvelle série corrigée de taux agrégés de croissance de la productivité[3]. Il vaut la peine de signaler qu'en se servant de la mesure expérimentale pour calculer la production réelle du secteur des finances, des assurances et des affaires immobilières, on obtient un taux agrégé de croissance de la productivité globale du travail de 2,5 % pour la période 1971-1976, par rapport à l'estimation antérieure de 2,0 %. Le ralentissement de la productivité au Canada, du moins en période initiale, est maintenant beaucoup moins visible.

L'analyse qui précède fait ressortir une caractéristique importante de notre méthode d'estimation de la croissance de la productivité. Comme nous l'avons vu, les taux de croissance des divers secteurs d'activité ne sont pas affectés par des erreurs qui peuvent se produire lorsqu'on mesure la production réelle d'un autre secteur ou d'un groupe de secteurs. Cette propriété reste valable quel que soit le degré ou la nature de l'interdépendance industrielle. Il va sans dire que les mesures de la croissance de la productivité de type classique ne possèdent pas cette propriété.

Nous abordons maintenant une deuxième application de l'analyse de décomposition de la productivité. Les projections qui suivent sont faites à partir des données sur la productivité qui ont été observées en 1976. Une mesure particulière de stimulation technologique sera appliquée à cinq des 40 secteurs d'activité, soit ceux des transports et de l'entreposage (n° 29), des communications (n° 30), du commerce de gros (n° 32), des finances, assurances et affaires immobilières (n° 34) et des services fournis aux entreprises (n° 37). Ces secteurs sont assez importants sur le plan de la production brute réelle, et chacun d'eux destine au moins 40 % de leur production brute totale à la demande intermédiaire. La mesure de stimulation technologique que nous appliquons est très simple : chacun des cinq secteurs voit son coefficient de main-d'œuvre directe et ses coefficients d'utilisation de facteurs intermédiaires (y compris les biens de remplacement du capital), réduits de 25 % par rapport à leurs valeurs observées de 1976. On peut parler, en quelque sorte, d'une projection hypothétique appliquée à la période 1976-1981. Il s'agit donc de dresser un tableau complet de la structure de croissance de la productivité comparable aux tableaux antérieurs du présent chapitre. Ce tableau illustrera les résultats de nos projections sur la période 1976-1981, ceux-ci étant d'autant plus intéressants que nous connaissons exactement la source de tous les changements technologiques. Puisqu'il s'agit de changements hypothétiques simples et bien circonscrits, la démarche aide à mettre en lumière la nature particulière de notre méthode d'analyse de la productivité. Passons maintenant à l'examen du tableau 3-7 qui contient tous les résultats pertinents.

On note qu'au point de départ, la mesure de stimulation technologique n'a d'incidence que sur la composante des effets propres. En d'autres termes, la contribution de ces effets aux taux de croissance de la productivité globale du travail (colonne 2 du tableau 3-7) est nulle, sauf pour les cinq secteurs d'activité. (Si la contribution des effets propres n'est pas « exactement » la même pour ces cinq secteurs, bien qu'on leur ait appliqué la même mesure de stimulation, c'est surtout en raison du fait que leurs niveaux de productivité globale n'étaient pas « exactement » les mêmes en 1976, l'année de base.) Étant donné que les cinq secteurs, dans l'ensemble, destinent la plus grande partie de leur production à d'autres secteurs (y compris la production qu'ils absorbent l'un de l'autre), la mesure de stimulation technologique appliquée au départ étend progressivement son effet à tous les autres secteurs de l'économie canadienne, y compris celui du commerce international. C'est ce que l'on constate en examinant les données présentées dans la première colonne du tableau où sont inscrits les taux de croissance de la productivité globale du travail de chaque secteur. On remarque que tous les secteurs qui n'ont pas été stimulés directement enregistrent un taux de croissance positif; ce phénomène est tout simplement attribuable à la contribution de leurs

Tableau 3-6

**Décomposition du taux de croissance annuel moyen de la productivité globale du travail, après révision des données relatives au secteur des finances, assurances et affaires immobilières, 40 secteurs d'activité, 1971-1976**

En pourcentage

| | Taux global moyenne de 1971-1976 | Composante des effets propres | Composante des effets d'amont | Composante des effets en aval | Composante des effets associés globaux |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 Agriculture | 2,7 | 2,1 | 0,6 | 6,2 | 9,3 |
| 2 Forêts | 1,4 | 1,1 | 0,3 | 2,9 | 4,2 |
| 3 Pêche et chasse | 0,2 | -0,5 | 0,7 | 0,0 | -0,4 |
| 4 Mines métalliques | 1,3 | 0,3 | 1,0 | 1,8 | 2,1 |
| 5 Combustibles minéraux | -0,6 | -1,3 | 0,8 | 0,6 | -0,7 |
| 6 Mines non métalliques | 1,8 | 0,7 | 1,0 | 0,6 | 1,3 |
| 7 Services miniers | 2,4 | 0,7 | 1,7 | 0,3 | 1,0 |
| 8 Industries des aliments et des boissons | 2,3 | 0,6 | 1,6 | 1,0 | 1,7 |
| 9 Industrie du tabac | 3,2 | 0,9 | 2,1 | 0,1 | 1,0 |
| 10 Caoutchouc et produits en matière plastique | 2,2 | 0,7 | 1,5 | 0,1 | 0,7 |
| 11 Industrie du cuir | 3,0 | 1,7 | 1,2 | 0,2 | 1,9 |
| 12 Industrie textile | 3,6 | 1,5 | 1,9 | 2,0 | 3,6 |
| 13 Bonneterie | 4,3 | 1,8 | 2,3 | 0,3 | 2,1 |
| 14 Industrie du vêtement | 3,6 | 2,2 | 1,2 | 0,4 | 2,7 |
| 15 Industrie du bois | 2,1 | 1,0 | 1,0 | 0,9 | 2,0 |
| 16 Industrie du meuble et des articles d'ameublement | 1,4 | 0,5 | 0,9 | 0,2 | 0,7 |
| 17 Industrie du papier et activités connexes | 1,2 | 0,3 | 0,9 | 2,0 | 2,3 |
| 18 Imprimerie, édition | 2,9 | 1,9 | 0,8 | 1,3 | 3,5 |
| 19 Première transformation des métaux | 0,7 | -0,3 | 1,1 | 2,0 | 1,7 |
| 20 Fabrication de produits en métal | 1,8 | 0,8 | 1,0 | 2,0 | 2,9 |
| 21 Fabrication de machines | 2,6 | 1,4 | 1,1 | 1,0 | 2,5 |
| 22 Fabrication de matériel de transport | 3,7 | 1,5 | 2,0 | 2,2 | 3,9 |
| 23 Fabrication de produits électriques | 3,7 | 2,1 | 1,4 | 2,7 | 5,1 |
| 24 Fabrication de produits non métalliques | 2,3 | 1,0 | 1,2 | 0,8 | 1,9 |
| 25 Fabrication de produits du pétrole et du charbon | 2,4 | -0,2 | 2,6 | 0,2 | -0,0 |
| 26 Industrie chimique | 2,4 | 1,1 | 1,2 | 1,7 | 2,9 |
| 27 Industries manufacturières diverses | 2,7 | 1,3 | 1,3 | 0,8 | 2,1 |
| 28 Construction | 1,6 | 0,1 | 1,4 | 1,0 | 1,1 |
| 29 Transports et entreposage | 2,5 | 1,5 | 0,9 | 8,4 | 10,9 |
| 30 Communications | 5,0 | 3,1 | 1,6 | 1,1 | 4,4 |
| 31 Électricité et gaz | 2,3 | 0,8 | 1,4 | 0,2 | 1,0 |
| 32 Commerce de gros | 2,2 | 1,1 | 1,0 | 3,4 | 4,7 |
| 33 Commerce de détail | 1,9 | 1,3 | 0,6 | 1,6 | 3,0 |
| 34 Finances, assurances et affaires immobilières | 3,3 | 2,0 | 1,2 | 0,9 | 3,0 |
| 35 Enseignement et services médicaux | -0,7 | -1,1 | 0,3 | -0,0 | -1,1 |
| 36 Services de divertissement et loisirs | 3,5 | 2,8 | 0,6 | 0,2 | 3,1 |
| 37 Services fournis aux entreprises | 1,7 | 0,8 | 0,9 | -1,5 | -0,8 |
| 38 Hébergement et restauration | -0,1 | -0,6 | 0,5 | 0,1 | -0,5 |
| 39 Autres services personnels | -1,3 | -1,6 | 0,4 | -0,4 | -1,9 |
| 40 Commerce international | 4,3 | 0,8 | 3,4 | 0,0 | 0,8 |
| Tous les secteurs | 2,5 | - | - | - | - |

SOURCE D'après des données de Statistique Canada et celles du tableau 3-5.

effets d'amont qui est présentée dans la troisième colonne. Les effets d'amont ne sont pas les mêmes pour tous ces secteurs; leur importance relative dépend surtout du degré de liaison vers l'amont qui existe entre ceux-ci et les cinq secteurs auxquels la mesure de stimulation a été appliquée au départ. L'ampleur de la croissance de la productivité (égale à la contribution des effets d'amont) des secteurs des combustibles minéraux (n° 5), de la fabrication de produits du pétrole et du charbon (n° 25) et du commerce international (n° 40) attire particulièrement l'attention.

Nous devons évidememnt nous attendre à ce que les cinq secteurs stimulés soient la principale source d'effets en aval. Cela ressort nettement de la quatrième colonne du tableau 3-7. Une fois de plus, l'importance des effets transmis n'est pas la même

Tableau 3-7

Décomposition du taux de croissance annuel moyen de la productivité globale du travail, projection hypothétique à partir des données de 1976, 40 secteurs d'activité

En pourcentage

| | Moyenne projetée globale | Composante des effets propres | Composante des effets d'amont | Composante des effets en aval | Composante des effets associés globaux |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 Agriculture | 0,8 | 0,0 | 0,8 | 0,5 | 0,5 |
| 2 Forêts | 1,7 | 0,0 | 1,7 | 0,2 | 0,2 |
| 3 Pêche et chasse | 0,8 | 0,0 | 0,8 | 0,0 | 0,0 |
| 4 Mines métalliques | 1,5 | 0,0 | 1,5 | 0,3 | 0,3 |
| 5 Combustibles minéraux | 2,8 | 0,0 | 2,8 | 0,2 | 0,2 |
| 6 Mines non métalliques | 1,4 | 0,0 | 1,4 | 0,1 | 0,1 |
| 7 Services miniers | 1,1 | 0,0 | 1,1 | 0,1 | 0,1 |
| 8 Industries des aliments et des boissons | 1,2 | 0,0 | 1,2 | 0,2 | 0,2 |
| 9 Industrie du tabac | 1,2 | 0,0 | 1,2 | 0,0 | 0,0 |
| 10 Caoutchouc et produits en matière plastique | 1,3 | 0,0 | 1,3 | 0,3 | 0,3 |
| 11 Industrie du cuir | 0,9 | 0,0 | 0,9 | 0,0 | 0,0 |
| 12 Industrie textile | 1,2 | 0,0 | 1,2 | 0,1 | 0,1 |
| 13 Bonneterie | 0,9 | 0,0 | 0,9 | 0,0 | 0,0 |
| 14 Industrie du vêtement | 0,9 | 0,0 | 0,9 | 0,0 | 0,0 |
| 15 Industrie du bois | 1,3 | 0,0 | 1,3 | 0,4 | 0,4 |
| 16 Industrie du meuble et des articles d'ameublement | 1,0 | 0,0 | 1,0 | 0,1 | 0,1 |
| 17 Industrie du papier et activités connexes | 1,5 | 0,0 | 1,5 | 0,5 | 0,5 |
| 18 Imprimerie, édition | 1,1 | 0,0 | 1,1 | 0,5 | 0,5 |
| 19 Première transformation des métaux | 1,6 | 0,0 | 1,6 | 0,5 | 0,5 |
| 20 Fabrication de produits en métal | 1,2 | 0,0 | 1,2 | 0,6 | 0,6 |
| 21 Fabrication de machines | 1,3 | 0,0 | 1,3 | 0,4 | 0,4 |
| 22 Fabrication de matériel de transport | 1,8 | 0,0 | 1,8 | 0,8 | 0,8 |
| 23 Fabrication de produits électriques | 1,2 | 0,0 | 1,2 | 0,7 | 0,7 |
| 24 Fabrication de produits non métalliques | 1,4 | 0,0 | 1,4 | 0,2 | 0,2 |
| 25 Fabrication de produits du pétrole et du charbon | 2,6 | 0,0 | 2,6 | 0,1 | 0,1 |
| 26 Industrie chimique | 1,8 | 0,0 | 1,8 | 0,3 | 0,3 |
| 27 Industries manufacturières diverses | 1,2 | 0,0 | 1,2 | 0,2 | 0,2 |
| 28 Construction | 1,4 | 0,0 | 1,4 | 2,1 | 2,1 |
| 29 Transports et entreposage | 7,6 | 4,4 | 2,4 | 16,9 | 30,7 |
| 30 Communications | 6,9 | 4,6 | 1,8 | 5,1 | 11,6 |
| 31 Électricité et gaz | 1,3 | 0,0 | 1,3 | 0,3 | 0,3 |
| 32 Commerce de gros | 7,1 | 5,0 | 1,6 | 14,0 | 26,8 |
| 33 Commerce de détail | 0,6 | 0,0 | 0,6 | 0,9 | 0,9 |
| 34 Finances, assurances et affaires immobilières | 7,6 | 4,9 | 1,9 | 15,5 | 29,6 |
| 35 Enseignement et services médicaux | 1,2 | 0,0 | 1,2 | 0,0 | 0,0 |
| 36 Services de divertissement et loisirs | 1,0 | 0,0 | 1,0 | 0,1 | 0,1 |
| 37 Services fournis aux entreprises | 6,9 | 5,2 | 1,2 | 10,7 | 21,6 |
| 38 Hébergement et restauration | 0,7 | 0,0 | 0,7 | 0,4 | 0,4 |
| 39 Autres services personnels | 0,4 | 0,0 | 0,4 | 0,5 | 0,5 |
| 40 Commerce international | 2,1 | 0,0 | 2,1 | 0,0 | 0,0 |
| Tous les secteurs | 2,1 | 0,8 | 1,3 | 2,4 | 3,3 |

SOURCE D'après des données de Statistique Canada

pour les cinq secteurs; leur importance relative dépend surtout du degré de liaison vers l'aval qui existe entre ces secteurs et tous les autres. On constate également que les effets en aval de presque tous les secteurs sont positifs. Le phénomène s'explique surtout du fait que la mesure de stimulation technologique appliquée au départ aux cinq secteurs impliquait non seulement une réduction de leurs coefficients de main-d'œuvre directe, mais également une réduction de proportion égale de l'ensemble de leurs coefficients d'utilisation de facteurs intermédiaires. C'est donc dire que la production brute de bon nombre d'autres secteurs d'activité qui est transmise directement et indirectement à l'ensemble de l'économie et qui sert de facteur de production intermédiaire est désormais utilisée plus efficacement (projection 1976-1981). Selon notre méthode de décomposition, ce gain de productivité économique

est représenté par les effets en aval de chaque secteur d'activité. Ces effets en aval positifs sont tous relativement petits et, de fait, ils seraient nuls si la mesure de stimulation technologique avait été limitée à une simple réduction des coefficients de main-d'œuvre directe. Dans le cas des secteurs non stimulés, l'importance des effets en aval relevés dans la quatrième colonne dépend de la mesure dans laquelle ces secteurs acheminent leur production sous forme de biens intermédiaires et de biens de remplacement du capital aux cinq secteurs stimulés directement.

Il convient, en terminant, d'ajouter les deux remarques suivantes. En examinant les résultats agrégés[4] (dernière ligne) du tableau 3-7, on constate que même si la mesure de stimulation technologique n'a d'incidence, au point de départ, que sur la composante des effets propres des cinq secteurs désignés, cette composante agrégée ne représente que moins de 40 % (0,8 ÷ 2,1) du taux agrégé de croissance de la productivité globale du travail. Puisque cette application pratique ne suppose aucune modification des termes de l'échange internationaux, nous devrions nous attendre à ce que le taux agrégé de croissance de la productivité de la première colonne soit à peu près égal au taux agrégé de type classique (corrigé pour tenir compte d'une variation minime du taux agrégé de consommation du capital fixe). La seconde remarque est la suivante : l'application pratique démontre que des progrès technologiques enregistrés dans un nombre restreint de secteurs d'activité « clés » peuvent faire réaliser des gains de productivité dans l'ensemble de l'économie. Cette dernière remarque mérite certainement un examen plus approfondi et cela sera fait dans le cadre du chapitre de conclusion portant sur les aspects touchant la politique industrielle. (Voir, en particulier, la section du chapitre 6 portant sur la politique industrielle canadienne.)

Une autre application pourrait être faite à partir de la base de données dont nous disposons, mais elle n'a pas encore été tentée. Nous avons bien souligné dans le présent chapitre que les effets en aval de chaque secteur avaient un caractère quelque peu fictif (bien que révélateur) puisque, en réalité, un secteur ne « capte » pas les effets qu'il transmet en aval à l'ensemble des autres secteurs. On peut contourner cette ambiguïté en décomposant la colonne représentant la composante des effets propres dans chacun des tableaux 3-3, 3-4, 3-5 et 3-7 en 40 colonnes distinctes, représentant chacune la contribution des effets d'amont provenant d'une industrie donnée de notre univers, c'est-à-dire, la ventilation par secteur des effets en aval de chaque secteur. En raison de la nature de la décomposition proposée, il est possible d'appliquer avec exactitude la procédure d'agrégation qui fait appel à des coefficients de pondération de la demande finale (ce qui n'est pas le cas lorsque ces coefficients sont appliqués aux effets en aval, quelque peu fictifs, comme on le voit dans les divers tableaux)[5]. En effet, une fois calculée avec exactitude l'agrégation de chacune des 40 colonnes représentant la contribution des effets d'amont aux taux de croissance, on obtiendrait une décomposition par 40 des composantes agrégées des effets d'amont qui figurent déjà dans les tableaux. Les données de base essentielles à l'application d'une telle analyse à la période 1961-1976 figurent dans le tableau A-4 de l'appendice A. Ce genre d'analyse est surtout utile lorsqu'on cherche à isoler la « contribution » indirecte de chaque secteur à la croissance agrégée de la productivité globale du travail selon la nouvelle méthode fondée sur les entrées-sorties, puisque les effets en aval d'un secteur donné influent fortement sur une telle croissance agrégée lorsque ces effets ont une incidence sur des secteurs à coefficients élevés de pondération de la demande finale. Il semble donc préférable d'envisager les effets en aval dans une perspective d'effets d'amont décomposés en l'absence de toute distorsion de structure de la demande finale. Certaines applications pratiques sommaires inspirées de cette démarche sont décrites plus loin dans la présente étude.

# 4 Rôle de la recherche et du développement dans la croissance de la productivité, 1966-1976

Le présent chapitre a deux dimensions importantes. Nous tentons d'abord de démontrer, au moyen de la méthode proposée, qu'il est possible d'expliquer la croissance de la productivité industrielle canadienne en utilisant de façon appropriée les variables qui s'y rapportent. Ensuite, nous nous penchons sur l'ensemble de variables que constituent les dépenses au titre de la recherche et du développement (R et D) au Canada. Ce chapitre sert à élucider davantage comment s'applique à l'analyse de la productivité la méthode des entrées-sorties et l'intérêt que présente cette démarche. En fait, dans la méthode des entrées-sorties, le traitement du facteur travail et celui du facteur R et D présentent des points communs évidents. De nouveau, nous comparons les résultats de la méthode proposée à ceux de la méthode de calcul classique. De plus, le chapitre 4 fait ressortir le besoin de données à la fois plus sûres et plus complètes sur la recherche et le développement au Canada. Sous l'angle d'une politique relative aux données statistiques, l'incidence de ce fait est expliquée dans la dernière section du chapitre.

## Données statistiques

Ce chapitre a pour principal objectif d'examiner et de mesurer le rapport qui existe entre les taux de croissance de la productivité des industries manufacturières canadiennes et les taux de croissance de leurs dépenses en R et D. Ce rapport a fait l'objet de diverses études aux États-Unis (voir, par exemple, l'enquête de Griliches, 1979), mais au Canada, il ne semble pas y avoir d'études approfondies sur le sujet. Dans le cas des industries canadiennes, l'analyse générale de cette question laisse à entendre que le rapport serait probablement plutôt ténu et indirect, étant donné que leurs « propres » dépenses au titre de la recherche et du développement et d'activités connexes ne jouent pas un rôle déterminant dans leur productivité (voir McFetridge, 1977, pp. 73-74). Un autre aspect tout aussi important est le fait que la croissance de la productivité puisse être attribuable à des activités autres que la R et D et que, effectivement, la R et D ne vise pas principalement ni nécessairement à hausser les taux de croissance de la productivité industrielle. Nous estimons néanmoins qu'il y a lieu de vérifier l'existence possible et la nature de ce rapport dans l'économie canadienne puisque nous disposons maintenant d'une nouvelle série de taux de croissance de la productivité industrielle.

Les résultats statistiques de l'étude, qui sont présentés dans la prochaine section, se rapportent à 13 secteurs manufacturiers canadiens (désignés par le numéro qui leur est habituellement attribué dans la classification des industries), notamment : aliments et boissons (n° 8), caoutchouc et produits en matière plastique (n° 10), textile (n° 12), bois (n° 15), papier et activités connexes (n° 17), première transformation des métaux (n° 19), fabrication de produits en métal (n° 20), fabrication de machines (n° 21), fabrication de matériel de transport (n° 22), fabrication de produits électriques (n° 23), fabrication de produits non métalliques (n° 24), fabrication de produits du pétrole et du charbon (n° 25) et industrie chimique (n° 26). Ces secteurs effectuent environ 75 % des dépenses totales en R et D dans le secteur canadien des entreprises. Il a été possible de rassembler des données raisonnablement « fiables » (voir la section sur les répercussions en matière de politiques présentée plus loin) sur les dépenses en R et D de chacun de ces secteurs d'activité. Dans cette analyse, nous cherchons surtout à établir un rapport entre les divers taux de croissance, à moyen terme, de la productivité et des dépenses en R et D de 13 secteurs manufacturiers pour deux périodes, soit 1966-1971 et 1971-1976. Nous avons fait ainsi 26 observations au total; le manque de données statistiques ne nous a pas permis de remonter davantage dans le temps pour étendre la portée de notre étude. Avant de poursuivre l'exposé, rappelons que tous les taux de croissance de la productivité qui figurent dans ce chapitre ont été estimés en fonction d'une mesure particulière du facteur travail, soit les « heures-

personnes de travail accompli » plutôt que les « années-personnes employées » (utilisées dans les chapitres antérieurs). À notre avis, cette première mesure convient nettement mieux à l'analyse que nous nous proposons de faire dans ce chapitre et il est possible d'obtenir des données raisonnablement sûres puisque l'analyse porte essentiellement sur les industries manufacturières (voir l'appendice B). Dans le présent chapitre, toutes les données relatives à la productivité sont présentées dans le tableau 4-1, ce qui permet de comparer les taux de croissance fondés sur les deux mesures distinctes du facteur travail.

L'analyse porte sur deux types distincts' de R et D, soit la R et D interne et la R et D externe. Les activités internes de R et D sont celles qui se poursuivent dans les installations des sociétés déclarantes des divers secteurs manufacturiers, quelle qu'en soit la source de financement. (Les entreprises du secteur canadien des entreprises financent plus de 80 % des activités internes de R et D au Canada; les autres sources sont principalement le gouvernement fédéral et, dans une moindre mesure, les gouvernements provinciaux et des investisseurs étrangers.) En revanche, les activités externes de R et D sont celles qui se déroulent à l'extérieur de la société déclarante mais qui sont financées par cette dernière, c'est-à-dire, les services impartis de R et D. Les dépenses totales au titre de la R et D externe englobent les paiements versés tant à d'autres sociétés canadiennes qu'à des sociétés étrangères. Les dépenses totales des 13 secteurs manufacturiers au titre de la R et D interne sont nettement (ou « officiellement » devrions-nous dire) plus élevées que les dépenses totales en R et D externe; en effet, la R et D externe représente environ 25 % de la R et D interne durant la période 1966-1976. Plus loin, nous expliquerons davantage la comparaison des deux types de R et D.

L'analyse dépend certainement de la manière dont les dépenses observées au titre de la R et D industrielle sont transformées en une mesure des facteurs industriels de R et D. Dans le présent chapitre, nous avons adopté la démarche proposée par Griliches (1979). Les dépenses brutes en prix courants au titre de la R et D sont converties en une variable du stock net de R et D en prix constants par l'addition, compte tenu de l'amortissement, des dépenses antérieures au titre de la R et D en prix courants de chacun des secteurs d'activité étudiés. Il faut donc utiliser la méthode connue de l'inventaire permanent (avec amortissement) et convertir toutes les dépenses en prix constants de 1971 pour que les mesures de la productivité soient comparables. Dans les études analogues, il est maintenant pratique courante de considérer le facteur R et D comme un stock (net). En réalité, les hypothèses sur lesquelles nous nous appuyons sont moins restrictives que ne le sont la plupart des hypothèses de ce genre puisque nous nous intéressons seulement aux taux de croissance du stock de R et D des divers secteurs pour des périodes de cinq ans. L'appendice B fournit plus de précisions au sujet des sources de données statistiques et des raisonnements qui ont été faits pour définir les équations permettant de mesurer le stock net de R et D. Les estimations correspondent aux stocks nets des deux types de R et D, soit interne et externe.

Il reste un point à souligner. Les données sur le facteur R et D qui ont été confrontées aux taux de croissance de la productivité obtenus par la méthode des entrées-sorties renferment, en réalité, des estimations du facteur R et D de tous les secteurs d'activité du secteur canadien des entreprises et non pas seulement des 13 secteurs manufacturiers étudiés (pour être plus précis, on retrouve un apport direct de R et D interne ou externe dans seulement 27 des 39 secteurs énumérés, à l'exception du secteur du commerce international). Nous expliquerons clairement pourquoi il en est ainsi dans la section suivante où nous mettons en relief le rôle déterminant de la R et D indirecte. Néanmoins, nous avons décidé de limiter l'analyse statistique (soit les estimations par régression multiple contenues dans la section suivante) aux 13 secteurs manufacturiers mentionnés afin de minimiser l'incidence des données de qualité médiocre sur la R et D qui proviennent des (ou, devrions-nous dire, sont attribuées aux) 14 (soit 27 moins 13) secteurs d'activité qui ne font pas partie du secteur manufacturier.

## Résultats empiriques de régression

Notre première série de résultats empiriques découle de la méthode classique d'analyse de la relation entre la croissance de la productivité et la croissance du facteur R et D. La croissance de la productivité est mesurée en termes de taux de croissance de la productivité du travail, taux qui ont été calculés selon la méthode classique décrite au chapitre 2 et qui sont relevés dans le tableau 2-5. Rappelons que l'analyse porte seulement sur 13 secteurs manufacturiers, pour les sous-périodes 1966-1971 et 1971-1976, et que le facteur travail est maintenant mesuré en termes d'« heures-personnes de travail accompli ». Les taux classiques de croissance de la productivité du travail utilisés dans cette analyse sont indiqués au tableau 4-1. Les taux de croissance du facteur R et D interne et externe sont simplement mesurés en fonction des taux de croissance du stock total net de R et D (facteur) de chacun des 13 secteurs manufacturiers, pour les

deux sous-périodes. En outre, nous incorporons deux autres variables à l'analyse : une qui représente les taux de croissance du rapport entre le stock brut de biens immobilisés et le facteur travail (traduisant ainsi les variations de la proportion de capital qui sert à la production) et une autre variable qui témoigne de l'existence possible d'économies d'échelle relatives aux facteurs de production qui se rapportent à la main-d'œuvre et aux biens immobilisés. Cette dernière variable est exprimée par le taux de croissance de la main-d'œuvre (il s'agit d'un indicateur correct lorsqu'on utilise la mesure classique et simple de la croissance de la productivité du travail, fondée sur la valeur ajoutée). En termes mathématiques, nous pouvons poser une simple fonction de production Cobb-Douglas dont la forme générale est la suivante :

$$(4.1) \quad V = L^{\alpha} K^{\beta} R_1^{\delta} R_2^{\gamma} e^{\lambda t}$$

où $V$ représente la valeur ajoutée, $L$, le travail, $K$, le stock brut de biens immobilisés, $R_1$, le stock net de R et D interne, $R_2$, le stock net de R et D externe, et $\alpha$, $\beta$, $\delta$, $\gamma$, et $\lambda$ les paramètres de la fonction de production. Nous obtenons ainsi :

$$(4.2) \quad (V/L) = (K/L)^{\beta} L^{\alpha+\beta-1} R_1^{\delta} R_2^{\gamma} e^{\lambda t}$$

de sorte que $K$ et $L$ affichent des économies d'échelle si $\alpha + \beta > 1$. Si nous prenons les logarithmes des deux membres de l'équation précédente et les différencions par rapport au temps $t$, nous obtenons :

$$(4.3) \quad (v/\ell) = \lambda + \delta r_1 + \gamma r_2 + \beta(k/\ell) + (\alpha + \beta - 1)(\ell)$$

où les nouveaux symboles en minuscules désignent maintenant (ou représentent approximativement) les taux de croissance annuels moyens (en d'autres termes, $(v/\ell)$ est le taux de croissance classique de la productivité du travail, $r_1$ le taux de croissance du facteur R et D interne et $(k/\ell)$ est le taux de croissance de la « proportion de capital »). Cette équation a été utilisée dans une régression multiple où $(v/\ell)$ est la variable dépendante et $r_1$, $r_2$, $(k/\ell)$, et $\ell$ sont les quatre variables indépendantes (il y a également une constante pure pour traduire le progrès technologique « résiduel »). En fait, nous tentons d'expliquer les variations interindustrielles des taux de croissance de la productivité du travail à moyen terme en fonction de quatre variables tout en mettant l'accent sur les deux variables relatives au facteur R et D.

La première série de résultats empiriques de la régression est donc :

$$(4.4) \quad (v/\ell) = \underset{(1,49)}{2,94} - \underset{(-1,37)}{0,20r_1} + \underset{(0,59)}{0,06r_2} + \underset{(0,91)}{0,36(k/\ell)} - \underset{(-0,29)}{0,29\ell} \qquad \bar{R}^2 = 0,16$$

où les chiffres entre parenthèses situés sous les estimations des coefficients représentent des rapports « $t$ » (estimations des coefficients divisées par l'écart type). Compte tenu des 26 observations, les résultats de la régression sont évidemment faibles et non significatifs. La méthode de régression permet d'expliquer seulement 16 % des différences de croissance de la productivité et les deux variables relatives au facteur R et D ne sont pas significatives sur le plan statistique. Nous pouvons conclure des résultats de cette analyse particulière qu'il n'y a pas de preuves concrètes que les industries manufacturières canadiennes dont les taux de croissance de la productivité du travail sont plus élevés que la moyenne seraient les mêmes que celles dont les taux de croissance du facteur R et D sont supérieurs à la moyenne, et inversement[2]. Les résultats sont les mêmes lorsque le facteur travail est mesuré en termes d'années-personnes employées et lorsque la régression s'applique aux 27 secteurs d'activité canadiens pour lesquels la R et D est un facteur direct (c'est-à-dire lorsque l'analyse renferme 54 observations au total, bien que les estimations de la R et D pour les secteurs d'activité autres que la fabrication soient habituellement de qualité médiocre).

La seconde série de résultats empiriques a été obtenue au moyen de la méthode d'analyse de la productivité que nous avons proposée et expliquée dans les chapitres précédents. Pour se situer dans le contexte, rappelons la définition des niveaux de la productivité globale du travail de chaque secteur d'activité. Ces niveaux de productivité, ou encore, la main-d'œuvre totale requise par unité de production, traduisent non seulement l'apport en main-d'œuvre directe de chaque secteur mais aussi la main-d'œuvre indirecte incorporée dans les facteurs intermédiaires et les biens servant à remplacer les biens immobilisés que chacun des secteurs acquiert tant des entreprises canadiennes d'autres secteurs que de l'étranger. Il devrait maintenant être évident qu'il est possible de faire des calculs semblables pour la R et D de chaque secteur en accordant au facteur R et D le traitement qui a été réservé au travail. Nous pouvons ainsi calculer, pour chacun des 13 secteurs manufacturiers canadiens, la R et D totale (directe et indirecte) que renferme l'unité de production de chaque secteur, telle qu'elle est livrée pour satisfaire à la demande finale. (Il suffit de remplacer les coefficients de main-d'œuvre directe dans la formule de transformation de base décrite au chapitre 2 par les

Tableau 4-1

Taux de croissance de la productivité du travail et certaines de leurs composantes, 13 secteurs de la fabrication, 1966-1971 et 1971-1976

En pourcentage

| | 1966-1971 | | | | 1971-1976 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Taux classique ($v/l$) | Composante des effets propres ($p_1$) | Taux global ($p_2$) | Composante des effets associés globaux ($p_3$) | Taux classique ($v/l$) | Composante des effets propres ($p_1$) | Taux global ($p_2$) | Composante des effets associés globaux ($p_3$) |
| 8 Industries des aliments et des boissons | 7,1 | 1,2 | 4,8 | 2,2 | 1,6 | 0,5 | 3,1 | 1,5 |
| 10 Caoutchouc et produits en matière plastique | 5,6 | 2,3 | 4,5 | 2,8 | 2,2 | 0,8 | 3,0 | 1,1 |
| 12 Industrie textile | 8,7 | 3,6 | 6,2 | 7,3 | 4,8 | 1,7 | 4,3 | 4,2 |
| 15 Industrie du bois | 2,9 | 1,5 | 3,7 | 2,7 | 2,9 | 1,1 | 2,7 | 2,3 |
| 17 Industrie du papier et activités connexes | 2,6 | 0,8 | 3,0 | 3,9 | 0,6 | 0,5 | 2,0 | 3,1 |
| 19 Première transformation des métaux | 4,5 | 1,0 | 3,2 | 3,7 | -1,0 | -0,2 | 1,5 | 2,3 |
| 20 Fabrication de produits en métal | 3,7 | 1,5 | 3,4 | 3,4 | 1,8 | 0,9 | 2,3 | 3,2 |
| 21 Fabrication de machines | 1,6 | 0,8 | 2,5 | 1,6 | 2,1 | 1,1 | 3,0 | 2,1 |
| 22 Fabrication de matériel de transport | 9,4 | 2,0 | 5,2 | 0,7 | 4,7 | 1,1 | 4,3 | 3,5 |
| 23 Fabrication de produits électriques | 5,1 | 1,8 | 4,1 | 3,0 | 5,0 | 2,0 | 4,1 | 5,0 |
| 24 Fabrication de produits non métalliques | 4,8 | 1,8 | 3,8 | 2,5 | 2,8 | 1,3 | 3,0 | 2,3 |
| 25 Fabrication de produits du pétrole et du charbon | -3,2 | -0,2 | 2,2 | 0,0 | 5,7 | 0,3 | 3,3 | 0,6 |
| 26 Industrie chimique | 3,8 | 0,9 | 3,5 | 2,0 | 2,3 | 1,0 | 2,9 | 2,6 |

SOURCE D'après des données de Statistique Canada.

coefficients de R et D directe, c'est-à-dire le rapport entre le stock net de R et D et la production brute totale, pour chaque secteur.) En outre, il est possible de dissocier l'apport en R et D directe (par unité de production) de la R et D indirecte (par unité de production) pour chacun des secteurs considérés. En fait, la distinction s'avère plus simple et mieux définie dans le cas du facteur R et D que dans celui du facteur travail (où il a fallu établir la distinction en termes d'effets propres et d'effets d'amont). Les raisons pour lesquelles la distinction est plus facile à faire dans le cas de la R et D sont de nature plutôt technique et elles sont décrites en détail dans l'appendice A.

Nous avons ainsi estimé séparément, pour chaque secteur manufacturier et chaque période, l'apport en R et D directe et indirecte et ce, pour la R et D tant interne qu'externe. Précisons que l'apport en R et D indirecte (par unité de production) qui est attribué à un secteur manufacturier donné traduit la R et D qui provient non seulement des autres secteurs manufacturiers mais de tous les secteurs du secteur canadien des entreprises où l'on observe de la R et D directe. Pour faire les calculs en question, nous avons recueilli les données nécessaires en matière de R et D pour les 14 autres (27 moins 13) secteurs mentionnés dans la section précédente. Nous obtenons donc quatre taux de croissance distincts du facteur R et D, soit les taux de croissance de : 1/ la R et D interne directe, 2/ la R et D interne indirecte, 3/ la R et D externe directe et 4/ la R et D externe indirecte. Ces quatre taux de croissance ont été calculés pour les périodes 1966-1971 et 1971-1976, et conjugués aux taux des 13 secteurs manufacturiers. Nous avons ainsi défini tous les taux de croissance de l'apport en R et D en fonction de l'unité de production livrée par chaque industrie pour satisfaire à la demande finale. Il convient aussi de signaler que les données de base sur les dépenses en R et D englobent les salaires et les traitements du personnel affecté à la R et D. Par conséquent, les diverses mesures dérivées du facteur R et D renferment un élément virtuel de croissance du « capital humain », dans la mesure où les salaires et traitements au poste de la R et D traduisent le « vrai » capital humain.

Ici encore nous pouvons établir une équation de régression multiple semblable à celle que nous avons décrite au début de la présente section. À l'aide de

l'équation de base, nous tenterons d'expliquer les variations interindustrielles de la croissance de la productivité telles qu'elles ont été mesurées au moyen de la méthode que nous proposons. Nous nous penchons d'abord sur la contribution des effets propres aux taux de croissance de la productivité que nous avons obtenue par une méthode de décomposition semblable[3] à celle qui a été décrite dans le chapitre 3 (de nouveau, le facteur travail est mesuré en fonction des « années-personnes »). Rappelons que la composante des effets propres est la contrepartie des mesures classiques de la productivité puisque ces deux mesures traduisent les changements technologiques propres à chaque secteur d'activité. Ces changements technologiques peuvent ultérieurement être modifiés par l'acquisition de facteurs intermédiaires. Ainsi, notre première équation de régression multiple devient :

$$(4.5)\quad p_1 = \lambda + \delta_1 r_1 + \delta_2 r_2 + \delta_3 r_3 + \delta_4 r_4 + \beta_1 (k/g) + \beta_2 g$$

où $p_1$ représente la contribution des effets propres aux taux de croissance de la productivité $r_1$, $r_2$, $r_3$ et $r_4$ sont les quatre taux de croissance distincts du facteur R et D que nous avons définis dans le paragraphe précédent; $(k/g)$ désigne le taux de croissance du rapport entre le stock net de capital fixe et la production brute (soit la contrepartie de la proportion de capital dans le nouveau contexte, compte tenu du fait que le remplacement et l'amortissement des biens immobilisés sont inclus dans les facteurs intermédiaires)[4]; $g$ est le taux de croissance de la production globale brute (soit l'indicateur d'éventuelles économies d'échelle dans le nouveau contexte). D'après 26 observations portant sur les sous-périodes, le premier résultat empirique de la régression est :

$$(4.6)\quad \underset{}{p_1} = \underset{(0,37)}{0,63} - \underset{(-1,12)}{0,05 r_1} + \underset{(2,01)}{0,18 r_2} + \underset{(1,23)}{0,04 r_3} - \underset{(-3,58)}{0,26 r_4} + \underset{(0,58)}{0,05 (k/g)} + \underset{(1,80)}{0,18 g} \qquad \bar{R}^2 = 0,50$$

où, de nouveau, les chiffres inscrits entre parenthèses sous les estimations des coefficients représentent des rapports « $t$ ».

D'après ces résultats, les effets directs (traduits par $r_1$ et $r_3$) de la R et D tant interne qu'externe sur la croissance de la productivité sont minimes et statistiquement non significatifs. Aucune donnée statistique ne permet de confirmer que l'accroissement des activités propres en R et D (directe) d'un secteur a un effet positif sur le taux de croissance de la productivité rattachée aux effets propres dans ce même secteur (du moins, en moyenne pour les 13 secteurs manufacturiers). La régression montre toutefois que l'accroissement de la R et D industrielle canadienne a des effets indirects significatifs. Dans le cas de la R et D interne (variable $r_2$), certaines observations statistiques laissent à entendre que la R et D indirecte incorporée dans la production de certains secteurs manufacturiers entraîne effectivement une hausse des taux de croissance de la productivité propre à chaque secteur. En d'autres termes, la croissance de la productivité est stimulée non pas par les activités en R et D directe d'un secteur mais par l'achat et la consommation, par ce secteur, de facteurs intermédiaires et de biens de remplacement du capital fixe qui renferment, de façon directe ou indirecte, de plus en plus de R et D interne. Pour être plus précis, les résultats de cette régression montrent (en moyenne) que, chaque fois que le taux de croissance de la R et D interne indirecte augmente d'un point de pourcentage dans un secteur, il en résulte une hausse de 0,18 point de pourcentage du taux de croissance de la productivité de ce même secteur. Dans le cas de la R et D externe, en revanche, les données statistiques indiquent une corrélation négative entre les taux de croissance de la productivité et l'augmentation de la R et D externe indirecte (variable $r_4$). À l'heure actuelle, la raison précise pour laquelle nous avons obtenu ce résultat étonnant nous est inconnue mais nous savons toutefois que nos estimations de la R et D externe sont de qualité inférieure à celles qui portent sur la R et D interne (voir l'appendice B et l'analyse contenue dans la section suivante). Il importe de souligner que les effets de la R et D externe indirecte sur la productivité sont doublement extérieurs du point de vue de leur origine industrielle parce que cette R et D est non seulement indirecte mais fait aussi l'objet d'une sous-traitance. Il s'impose évidemment d'approfondir cette question.

Il ne faudrait pas s'étonner des résultats obtenus en ce qui concerne l'effet de la R et D indirecte sur la productivité, du moins pour ce qui a trait à la R et D interne. Après tout, selon certaines données probantes qui ont été relevées, la majeure partie de la R et D effectuée dans les industries a pour but de mettre au point du matériel et des produits nouveaux et améliorés qui seront vendus à d'autres plutôt que d'inventer des nouveaux procédés de production qui seront mis en pratique dans l'industrie qui fait la R et D (voir Conseil économique (1983) et Scherer (1982a)). Nous pouvons donc affirmer que, dans une large mesure, l'augmentation de la R et D indirecte témoigne probablement d'un échange de technologie entre

les secteurs d'activité. Tant qu'il n'y aura pas monopole parfait de la fixation des prix du matériel et des produits nouveaux, au moins quelques-uns des avantages découlant des matériaux et produits nouveaux d'un secteur d'activité pourront être transmis aux acheteurs d'autres secteurs et se refléter par la suite dans les taux de croissance de la productivité propre aux industries qui achètent ces matériaux ou ces produits. Pour vérifier s'il y a une erreur systématique dans les taux de croissance de la productivité des industries en raison d'une mauvaise évaluation de l'indice de déflation des prix des nouveaux produits, nous pourrions examiner les effets en utilisant les taux de croissance de la productivité globale du travail, taux qui ne sont généralement pas touchés par de telles erreurs d'évaluation. Toutefois, pour que l'analyse de cette question soit complète, il faudrait examiner les secteurs d'activité un à un au lieu de fonder l'analyse sur la moyenne comme c'est le cas dans ce chapitre.

Par conséquent, nous sommes d'avis que si la croissance de la productivité et du facteur R et D est abordée d'une façon différente et peut-être plus raffinée, il est possible de dégager de nouveaux rapports significatifs entre les deux séries de variables. En effet, l'analyse par régression que nous venons de décrire permet d'expliquer la moitié ($\bar{R}^2 = 0{,}50$) des variations interindustrielles de la contribution des effets propres au taux de croissance de la productivité[5]. D'après le tableau 4-1, 9 des 13 secteurs manufacturiers affichent des taux de croissance de la productivité plus faibles durant la période 1971-1976 que pendant la période 1966-1971. La méthode statistique que nous avons adoptée permet donc d'expliquer en bonne partie le ralentissement de la productivité au Canada (à ses débuts). Les résultats susmentionnés de la régression devraient être considérés comme les éléments les plus importants de ce chapitre. Les six variables indépendantes de la régression permettent d'interpréter la variable dépendante qui représente la contribution des effets propres à la croissance de la productivité.

Les résultats empiriques de la régression peuvent être vérifiés par l'examen d'autres taux de croissance de la productivité obtenus par la méthode des entrées-sorties. Nous effectuons une deuxième régression en utilisant la même série de six variables indépendantes et en introduisant les taux de croissance de la productivité globale du travail ($p_2$) comme variable dépendante. Ces taux de croissance sont nettement définis et caractérisés par une invariance remarquable, comme nous l'avons expliqué au chapitre 3. D'après 26 observations, nous obtenons :

$$(4.7)\quad p_2 = \underset{(4,67)}{2{,}60} - \underset{(-0,94)}{0{,}05r_1} + \underset{(2,37)}{0{,}25r_2} + \underset{(0,46)}{0{,}02r_3} - \underset{(-3,70)}{0{,}33r_4} - \underset{(-1,20)}{0{,}12(k/g)} + \underset{(1,98)}{0{,}24g} \qquad \bar{R}^2 = 0{,}56$$

Ces résultats viennent donc renforcer les conclusions tirées de la première régression. De nouveau, le tableau 4-1 permet de constater que 10 des 13 secteurs manufacturiers affichent des taux de croissance de la productivité qui sont plus faibles durant la période 1971-1976 que pendant la période 1966-1971. Une part importante du ralentissement de la productivité au Canada peut donc être expliquée par cette régression, du moins pour ce qui a trait aux variations interindustrielles de la croissance de la productivité.

La troisième et dernière régression est fondée sur la composante des effets associés globaux ($p_3$). Rappelons que ces effets correspondent à la somme des effets propres et des effets en aval (auxquels s'ajoutent des effets minimes d'interaction). Lorsqu'on effectue une régression de $p_3$ en fonction de la même série de six variables indépendantes, on obtient :

$$(4.8)\quad p_3 = \underset{(4,49)}{4{,}08} - \underset{(-1,68)}{0{,}14r_1} + \underset{(1,64)}{0{,}29r_2} + \underset{(1,14)}{0{,}07r_3} - \underset{(-2,08)}{0{,}30r_4} - \underset{(-1,89)}{0{,}31(k/g)} - \underset{(-1,37)}{0{,}27g} \qquad \bar{R}^2 = 0{,}42$$

Ces résultats confirment de nouveau les conclusions tirées précédemment au sujet des quatre variables relatives à la croissance du facteur R et D, bien que la variable $r_1$, (la R et D interne directe) soit presque statistiquement significative et qu'elle ait un effet négatif sur la croissance de la productivité (la variable $r_1$ est significative au niveau de 10 %). Cette dernière régression a également été effectuée au moyen d'une série plus raffinée de variables relatives au facteur R et D qui traduit les composantes en aval (soit les effets en aval) de la mesure de croissance de la productivité. Deux variables du facteur R et D ont été remplacées par $r_1^*$ (la production de R et D interne indirecte) et $r_3^*$ (la production de R et D externe indirecte) qui sont expliquées dans l'appendice A[6]. Les résultats de la régression deviennent donc :

$$(4.9)\quad p_3 = \underset{(4,39)}{3{,}88} - \underset{(-1,81)}{0{,}14r_1^*} + \underset{(1,67)}{0{,}31r_2} + \underset{(0,99)}{0{,}06r_3^*} - \underset{(-2,17)}{0{,}33r_4} - \underset{(-1,85)}{0{,}31(k/g)} - \underset{(-1,22)}{0{,}21g} \qquad \bar{R}^2 = 0{,}43$$

Ces résultats se rapprochent donc beaucoup de ceux qui ont été obtenus au moyen de la série initiale de quatre variables exprimant la croissance du facteur R et D.

Enfin, nous soulignons qu'il s'agit, à notre connaissance, du premier exemple d'utilisation et de vérification statistique de variables se rapportant au facteur R et D indirecte, sous l'angle d'une corrélation entre la productivité et la R et D. Il y a lieu de noter que les effets de la R et D indirecte que nous relevons englobent les effets de tous les niveaux consécutifs et non seulement les effets de premier niveau. Griliches (1979) a insisté sur la nécessité de faire une analyse qui porte sur les effets à tous les niveaux. Néanmoins, les résultats présentés dans la présente section doivent être interprétés avec réserve puisque la base de données relatives à la R et D est imparfaite pour les raisons que nous précisons dans la section suivante.

## Répercussions en matière de politique statistique

Il y a lieu de mettre en relief, même si ce n'est que brièvement, trois répercussions de l'analyse du rapport entre la productivité et la R et D sur le plan statistique. Deux de ces répercussions se rapportent à des questions qui relèvent de la politique en matière de statistique.

Premièrement, l'analyse présentée dans ce chapitre renferme sans doute un grave problème d'agrégation statistique découlant essentiellement du fait que la répartition de la R et D dans chaque secteur d'activité est parfois très différente de la distribution de la production à l'intérieur de chacun des 13 secteurs manufacturiers. À titre d'exemple, mentionnons l'industrie de la fabrication du matériel de transport, où la majeure partie de la R et D est accomplie dans l'industrie des aéronefs et des pièces d'aéronefs (ou, plus exactement, par Pratt et Whitney), tandis que la production est principalement issue de l'industrie des véhicules automobiles et des pièces pour véhicules automobiles. Nous relevons un problème analogue de distribution dans l'industrie des produits électriques; la plupart des activités de R et D se déroulent dans l'industrie de l'équipement de communication (plus précisément chez Bell Canada) mais la production provient surtout d'ailleurs. La solution à ce problème particulier consiste évidemment à décomposer davantage les activités industrielles puisque l'analyse du rapport entre la R et D et la productivité fournit de meilleurs résultats lorsque la désagrégation est plus poussée et que les deux séries de données sont mieux « assorties » (voir aussi le chapitre 6 pour plus de précisions). Malheureusement, toutefois, la simple désagrégation n'est pas une solution complète, même en tenant compte des données disponibles.

Il existe un deuxième problème. Statistique Canada publie maintenant de vastes séries de données sur les dépenses en R et D dans les industries. Ces données qui se rapportent au secteur des entreprises sont fondées sur l'information fournie par les sociétés ou entreprises déclarantes. Dans le secteur canadien des entreprises, les activités de R et D se déroulent principalement dans un nombre relativement petit de grandes entreprises; en 1976, plus de 50 % des dépenses totales en R et D étaient imputables à seulement 25 entreprises déclarantes. Ces entreprises sont plutôt grandes et tendent à regrouper des activités industrielles très variées; pourtant, Statistique Canada attribue l'ensemble des dépenses en R et D découlant de chacune de ces activités à un seul secteur d'activité (habituellement une industrie manufacturière codée à trois chiffres). Par exemple, toutes les activités de Bell Canada qui a le plus important programme de R et D au Canada sont attribuées globalement à l'industrie de fabrication du matériel de communication, même si la plupart des activités de Bell Canada relèvent des services de communication[7]. Parallèlement, les activités de la compagnie pétrolière Impériale Ltée englobent l'extraction, le raffinage, le transport, l'entreposage, le commerce de gros et de détail et même l'exploitation immobilière; toutefois, les dépenses totales en R et D de cette société sont officiellement imputées à l'industrie des produits raffinés du pétrole. Il en va plus ou moins de même pour d'autres sociétés canadiennes qui déboursent des sommes considérables en R et D, par exemple, la Compagnie générale électrique du Canada Ltée, Shell Canada Ltée, Alcan et CIL.

Le problème est que les données sur la R et D des sociétés sont statistiquement incompatibles avec les données sur la production et l'emploi par établissement sur lesquelles sont habituellement fondées les études de productivité. La méthode des entrées-sorties utilisée dans la présente étude est évidemment fondée sur les données par établissement, d'où la possibilité de mettre en doute les résultats empiriques donnés dans ce chapitre. Ce problème surgit dans d'autres études effectuées à l'étranger mais il est peut-être plus accentué au Canada en raison du caractère particulièrement concentré des activités canadiennes de R et D[8]. Dans d'autres pays, notamment aux États-Unis, des mesures ont été prises en vue d'établir des données sur les dépenses en R et D qui soient compatibles avec les estimations de la productivité par établissement. Une façon de procéder consiste à demander aux grandes sociétés multisectorielles de fournir des statistiques financières

fragmentées qui renferment des données sur la R et D. Ainsi, les dépenses en R et D d'une société sont ventilées en fonction de ses différentes activités, ce qui correspond plus ou moins à une ventilation par établissement. Récemment, de nouvelles données compatibles ont constitué un apport utile à une importante étude de la croissance de la productivité et de la R et D effectuée aux États-Unis (à ce sujet, voir Scherer (1982*a*) ainsi que Clark et Griliches (1982)). Nous recommandons donc que les décideurs en matière de statistique au Canada prennent les mesures nécessaires pour résoudre ce problème, afin que puissent être effectuées au Canada des études plus valables de la productivité.

La troisième incidence en matière de statistique se rapporte aux données sur la R et D externe qui ont été utilisées dans ce chapitre (voir aussi les sources de données précisées dans l'appendice B). D'après les données statistiques officielles établies pour le Canada, la R et D externe serait moins importante que la R et D interne. Toutefois, certains faits portent à croire que les données officielles ne traduisent qu'une partie minime de l'ensemble, notamment en ce qui concerne la R et D effectuée à l'étranger (ou les travaux de R et D impartis), puisque Statistique Canada n'impute pas officiellement aux dépenses en R et D externe les paiements versés à l'étranger au titre des redevances, des brevets, des dessins industriels et des transferts de technologie. Parallèlement, il peut y avoir une multitude de paiements (effectués par la société déclarante) pour des services extérieurs, par exemple, des honoraires de gestion et des frais afférents aux services professionnels et consultatifs, qui se rapportent étroitement à des activités de R et D mais qui ne sont pas classifiés comme tels. Ces problèmes sont évidemment compliqués par le degré relativement élevé de mainmise étrangère dans le secteur manufacturier canadien. À notre avis, le niveau global « réel » de R et D externe dans le secteur canadien des entreprises est plus élevé que ne le laissent entendre les données officielles, de sorte que nos estimations des taux de croissance du stock net de R et D externe peuvent renfermer des erreurs systématiques dans un sens ou dans l'autre (le biais statistique que peuvent renfermer les taux de croissance ne produit pas nécessairement une sous-estimation). Néanmoins, il serait utile que Statistique Canada puisse fournir une ventilation par industrie des paiements et des frais susmentionnés non inclus dans les dépenses en R et D externe. Il faudrait par ailleurs établir une série chronologique uniforme pour cette désagrégation par industrie, afin que l'on puisse utiliser une méthode d'inventaire permanent pour obtenir une mesure des stocks (nets) au moyen des données recueillies sur les dépenses. Rappelons de nouveau que les données de base, même si elles sont fournies, proviennent des sociétés déclarantes. Ces données doivent être converties en données propres aux établissements pour être compatibles avec les estimations de la productivité.

# 5 Une analyse de la stagnation de la productivité, 1973-1978

Le présent chapitre contient une analyse plutôt détaillée de la croissance de la productivité pour la période 1973-1978, période la plus récente pour laquelle on dispose de données statistiques. Il est fort intéressant d'appliquer les calculs de notre nouvelle méthode à l'analyse de cette période, puisqu'il s'agit d'une période de stagnation de la productivité (c'est-à-dire une période durant laquelle la croissance agrégée de la productivité canadienne a été pratiquement nulle). Il importe, une fois de plus, de comparer les résultats à ceux que l'on obtient en appliquant la méthode classique et simple d'analyse de la productivité. Il est également révélateur d'appliquer la nouvelle méthode de calcul au dépistage de certaines caractéristiques saillantes de l'évolution du ralentissement de la productivité canadienne tout au long de la période 1961-1978. Le présent chapitre met en relief certains aspects plus complexes de la nouvelle méthode pour ce qui a trait à l'analyse de décomposition. Il est donc essentiel que le lecteur prenne connaissance de l'appendice A pour comprendre ce chapitre. Ces perspectives plus complexes ont évidemment des conséquences possibles au niveau des politiques; celles-ci sont étudiées plus à fond dans le chapitre qui suit.

## Commentaires préalables sur les données statistiques

À l'origine, la présente étude devait couvrir la période 1961-1976, tout en fournissant, au besoin, une analyse par sous-période. Durant les dernières étapes de l'étude, cependant, nous avons pu avoir accès aux données statistiques d'entrées-sorties de 1977 et de 1978, de même qu'aux données rectifiées des années précédentes remontant à 1971. À ce moment-là, tout comme aujourd'hui, on s'intéressait vivement au ralentissement de la productivité canadienne, dont la sous-période 1971-1976 ne représentait que les stades initiaux. Du fait que l'analyse interindustrielle de la productivité ne peut être appliquée à des intervalles inférieurs à cinq ans (voir l'exposé du chapitre 2 à cet effet), il a été décidé d'ajouter à la présente étude un chapitre portant sur la période de cinq ans la plus récente, soit la période 1973-1978. Il y a lieu de souligner que la présente analyse de la productivité est fondée sur des données sur les entrées-sorties et sur la main-d'œuvre qui ont été rectifiées et que, partant, elle n'est pas comparable, au sens strict, à l'analyse de la sous-période antérieure, 1971-1976, fondée sur des données provisoires. On a déjà fait observer également (chapitre 2) que la plupart des résultats empiriques sur la productivité de la présente étude ont été obtenus en utilisant comme mesure du facteur travail aussi bien le nombre de personnnes employées que le nombre d'heures-personnes de travail (bien que la plupart des résultats ne soient exprimés qu'en nombre de personnes employées). Malheureusement, pour ce qui a trait à la sous-période 1973-1978, il n'a été possible de calculer la productivité qu'en utilisant comme mesure le nombre de personnes employées. Par contre, dans le présent chapitre, il nous a été donné d'approfondir davantage l'analyse de la productivité. Dernière observation au sujet des données statistiques : il s'impose de rappeler qu'il existe désormais des données valables portant sur la recherche et le développement jusqu'à l'année 1978 et même plus tard. Il serait intéressant de prolonger l'analyse du lien entre la croissance de la productivité et la recherche et le développement présentée au chapitre 4 et de l'appliquer aux trois sous-périodes 1963-1968, 1968-1973 et 1973-1978. Cela n'a malheureusement pas encore été fait.

## Comparaison des résultats relatifs à la stagnation de la productivité

Le tableau 5-1 relève les taux de la productivité globale du travail de chacun des 40 secteurs d'activité (y compris celui du commerce international), calculés selon la nouvelle méthode des entrées-sorties pour les années 1973 et 1978. Les taux de croissance de la productivité globale du travail de 1973-1978 sont déterminés à partir des niveaux de la productivité globale du travail de ces deux années. Ce tableau est analogue au tableau 2-2 (se référer aussi au chapitre 2 où est expliquée la méthode de

**Tableau 5-1**

**Niveau et taux de croissance annuel moyen de la productivité globale du travail, selon la méthode des entrées-sorties, 40 secteurs d'activité, 1973-1978**

| | Niveau | | Taux de croissance moyen 1973-1978 |
|---|---|---|---|
| | 1973 | 1978 | |
| | (en dollars*) | | (en %) |
| 1 Agriculture | 6 991 | 6 981 | -0,0 |
| 2 Forêts | 11 720 | 11 675 | -0,1 |
| 3 Pêche et chasse | 6 057 | 6 790 | 2,3 |
| 4 Mines métalliques | 17 451 | 14 882 | -3,1 |
| 5 Combustibles minéraux | 21 777 | 14 805 | -7,4 |
| 6 Mines non métalliques | 15 233 | 13 747 | -2,0 |
| 7 Services miniers | 11 908 | 12 907 | 1,6 |
| 8 Industries des aliments et des boissons | 10 105 | 10 160 | 0,0 |
| 9 Industrie du tabac | 11 845 | 12 133 | 0,5 |
| 10 Caoutchouc et produits en matière plastique | 13 096 | 13 582 | 0,7 |
| 11 Industrie du cuir | 8 691 | 10 222 | 3,3 |
| 12 Industrie textile | 11 408 | 12 944 | 2,6 |
| 13 Bonneterie | 10 178 | 12 897 | 4,8 |
| 14 Industrie du vêtement | 8 768 | 10 447 | 3,6 |
| 15 Industrie du bois | 10 391 | 10 919 | 1,0 |
| 16 Industrie du meuble et des articles d'ameublement | 10 612 | 10 703 | 0,2 |
| 17 Industrie du papier et activités connexes | 12 742 | 12 806 | 0,1 |
| 18 Imprimerie, édition | 12 086 | 13 369 | 2,0 |
| 19 Première transformation des métaux | 14 609 | 13 334 | -1,8 |
| 20 Fabrication de produits en métal | 13 058 | 12 826 | -0,4 |
| 21 Fabrication de machines | 12 901 | 14 300 | 2,1 |
| 22 Fabrication de matériel de transport | 14 393 | 15 167 | 1,1 |
| 23 Fabrication de produits électriques | 13 150 | 14 185 | 1,5 |
| 24 Fabrication de produits non métalliques | 14 342 | 14 225 | -0,2 |
| 25 Fabrication de produits du pétrole et du charbon | 15 685 | 14 058 | -2,2 |
| 26 Industrie chimique | 14 179 | 14 680 | 0,7 |
| 27 Industries manufacturières diverses | 11 609 | 12 394 | 1,3 |
| 28 Construction | 12 969 | 12 638 | -0,5 |
| 29 Transports et entreposage | 13 279 | 12 718 | -0,9 |
| 30 Communications | 11 077 | 15 169 | 6,5 |
| 31 Électricité et gaz | 18 902 | 17 790 | -1,2 |
| 32 Commerce de gros | 12 412 | 12 019 | -0,6 |
| 33 Commerce de détail | 7 664 | 7 691 | 0,1 |
| 34 Finances, assurances et affaires immobilières | 18 289 | 18 213 | -0,1 |
| 35 Enseignement et services médicaux | 17 792 | 16 968 | -0,9 |
| 36 Services de divertissement et loisirs | 8 456 | 10 255 | 3,9 |
| 37 Services fournis aux entreprises | 11 075 | 10 371 | -1,3 |
| 38 Hébergement et restauration | 8 201 | 8 425 | 0,5 |
| 39 Autres services personnels | 5 706 | 5 377 | -1,2 |
| 40 Commerce international | 13 813 | 13 711 | -0,1 |
| Tous les secteurs | - | - | 0,3 |

*En dollars constants de 1971

SOURCE D'après des données de Statistique Canada.

calcul de la productivité), cependant, on l'a déjà fait observer, les résultats relatifs aux niveaux de productivité de l'année 1976 (inscrits dans le tableau 2-2) ne sont pas tout à fait comparables à ceux du tableau 5-1, qui portent sur les années 1973 et 1978. Il convient d'examiner ce dernier tableau parallèlement au tableau 5-2 qui relève les mesures classiques des niveaux et des taux de croissance de la productivité du travail de 1973-1978, où le produit intérieur brut par secteur d'activité (c'est-à-dire la valeur ajoutée réelle) sert de mesure de la production. Ce dernier tableau ressemble donc au tableau 2-3, sans y être tout à fait comparable.

Pour le moment, nous n'allons nous intéresser qu'aux taux de croissance de la productivité relevés dans les deux tableaux (dans le chapitre de conclusion, nous revenons sur les taux de la productivité globale du travail de l'année 1978 et sur leur pertinence comme éléments de la politique industrielle). Le nombre relativement important de secteurs dont le taux de croissance de la productivité est négatif,

Tableau 5-2

**Niveau et taux de croissance annuel moyen de la productivité globale du travail, selon la méthode classique, 39 secteurs d'activité, 1973-1978**

| | Niveau | | Taux de croissance moyen 1973-1978 |
|---|---|---|---|
| | 1973 | 1978 | |
| | (en dollars*) | | (en %) |
| 1 Agriculture | 5 752 | 5 708 | -0,2 |
| 2 Forêts | 11 075 | 11 735 | 1,2 |
| 3 Pêche et chasse | 6 296 | 7 145 | 2,6 |
| 4 Mines métalliques | 29 432 | 21 757 | -5,9 |
| 5 Combustibles minéraux | 66 706 | 23 639 | -18,7 |
| 6 Mines non métalliques | 21 644 | 17 427 | -4,2 |
| 7 Services miniers | 13 615 | 15 778 | 3,0 |
| 8 Industries des aliments et des boissons | 12 912 | 13 702 | 1,2 |
| 9 Industrie du tabac | 18 918 | 21 800 | 2,9 |
| 10 Caoutchouc et produits en matière plastique | 13 558 | 14 492 | 1,3 |
| 11 Industrie du cuir | 6 288 | 8 478 | 6,2 |
| 12 Industrie textile | 10 668 | 13 465 | 4,8 |
| 13 Bonneterie | 8 444 | 13 154 | 9,3 |
| 14 Industrie du vêtement | 6 309 | 8 452 | 6,0 |
| 15 Industrie du bois | 8 702 | 9 923 | 2,7 |
| 16 Industrie du meuble et des articles d'ameublement | 8 967 | 8 944 | -0,1 |
| 17 Industrie du papier et activités connexes | 15 040 | 15 367 | 0,4 |
| 18 Imprimerie, édition | 11 982 | 14 123 | 3,3 |
| 19 Première transformation des métaux | 16 295 | 14 992 | -1,7 |
| 20 Fabrication de produits en métal | 12 784 | 12 784 | -0,0 |
| 21 Fabrication de machines | 12 525 | 15 955 | 5,0 |
| 22 Fabrication de matériel de transport | 17 328 | 21 048 | 4,0 |
| 23 Fabrication de produits électriques | 13 241 | 15 532 | 3,2 |
| 24 Fabrication de produits non métalliques | 16 377 | 16 695 | 0,4 |
| 25 Fabrication de produits du pétrole et du charbon | 23 389 | 20 640 | -2,5 |
| 26 Industrie chimique | 17 710 | 20 207 | 2,7 |
| 27 Industries manufacturières diverses | 10 279 | 11 621 | 2,5 |
| 28 Construction | 12 136 | 11 342 | -1,3 |
| 29 Transports et entreposage | 14 649 | 13 496 | -1,6 |
| 30 Communications | 14 713 | 22 714 | 9,1 |
| 31 Électricité et gaz | 40 004 | 36 978 | -1,6 |
| 32 Commerce de gros | 12 457 | 11 606 | -1,4 |
| 33 Commerce de détail | 6 499 | 6 438 | -0,2 |
| 34 Finances, assurances et affaires immobilières | 18 480 | 18 596 | -0,1 |
| 35 Enseignement et services médicaux | 21 818 | 20 778 | -1,0 |
| 36 Services de divertissement et loisirs | 6 701 | 9 433 | 7,1 |
| 37 Services fournis aux entreprises | 10 981 | 10 272 | -1,3 |
| 38 Hébergement et restauration | 6 772 | 7 167 | 1,1 |
| 39 Autres services personnels | 4 387 | 4 166 | -1,0 |
| Tous les secteurs | - | - | 0,3 |

*En dollars constants de 1971.
SOURCE D'après des données de Statistique Canada.

tant dans le tableau 5-1 que dans le tableau 5-2 est le reflet évident d'une stagnation générale de la croissance de la productivité. On constate cependant dans nombre de cas un taux non seulement positif mais assez important de croissance de la productivité durant la période 1973-1978; c'est le cas par exemple de l'industrie du cuir (nº 11), de la bonneterie (nº 13), des communications (nº 30) et des services de divertissement et loisirs (nº 36). Ainsi, loin d'être uniforme, la stagnation de la croissance de la productivité semble se concentrer surtout dans les industries minières (nº 4, 5 et 6), dans la fabrication des produits du pétrole et du charbon (nº 25) et dans les secteurs importants de la construction (nº 28) et des transports et de l'entreposage (nº 29). Il est de nouveau évident (comme on l'a vu dans le chapitre 2) que la série des taux de croissance de la productivité obtenus par la méthode des entrées-sorties donne un tableau de variations de la productivité assez différent de celui qui se dégage de la série des taux de croissance de la productivité obtenus par la méthode classique. Les taux de croissance sont beaucoup plus semblables entre eux dans la première série que dans la deuxième; en fait, les taux obtenus par la

méthode classique connaissent des variations extrêmes. L'une des raisons qui expliquent ce phénomène a déjà été exposée dans le chapitre 2 et nous n'y reviendrons pas ici (voir dans ce chapitre le commentaire portant sur les coefficients relatifs de variation). Nous savons maintenant, par ailleurs, que les taux de croissance de la productivité globale du travail du tableau 5-1 sont dotés d'une propriété remarquable d'invariabilité : le taux de croissance de la productivité de chaque secteur est indépendant des erreurs de mesure de la production réelle qui peuvent survenir dans tout autre secteur ou groupe de secteurs d'activité. Seules les erreurs de mesure de la production propre à un secteur influent sur les calculs de taux de croissance de la productivité globale du travail de ce secteur sans égard au degré d'interdépendance industrielle (la preuve formelle de cet énoncé est donnée dans l'appendice A). Ni les taux classiques de croissance de la productivité du travail du tableau 5-2, ni même aucun des taux classiques de croissance de la productivité à facteurs multiples ne sont dotés de cette propriété d'invariabilité. Cette propriété distincte est particulièrement utile pour l'analyse d'une période d'inflation comme celle de 1973-1978, où les risques d'erreurs dans la mesure de la production réelle sont amplifiés (voir à ce sujet l'analyse et les exemples de Clark 1982). On examine également dans la conclusion l'incidence de l'inflation sur la croissance de la productivité industrielle.

Les tableaux 5-1 et 5-2 renferment tous deux des taux agrégés de croissance de la productivité de 1973 à 1978. Comme on l'a vu dans le chapitre 2, l'agrégation des mesures de croissance de la productivité industrielle peut déboucher sur des résultats distincts selon la méthode de base d'analyse de la croissance de la productivité qui est appliquée. Or, il arrive que pour la période en question, les mesures agrégées de la croissance de la productivité du secteur canadien des entreprises sont pratiquement identiques (à la décimale près) d'un tableau à l'autre; on obtient ainsi dans les deux cas un taux moyen de croissance annuel de 0,3 %. Comme l'a indiqué le chapitre 2, il y a eu une légère amélioration des termes de l'échange internationaux du Canada durant la période 1973-1978 (d'environ 2 %, selon les données rectifiées du commerce international) et le rapport de dépréciation du capital fixe a également augmenté légèrement durant la même période. Sur le plan de la croissance globale de la productivité, les deux effets s'annulent. Il y a cependant lieu de signaler que le rythme de progression du ralentissement de la productivité globale du Canada diffère selon la méthode d'estimation retenue (tableau 5-3). Les deux mesures coïncident néanmoins pour ce qui a trait à l'importance de la *stagnation* de la productivité agrégée du secteur des entreprises au cours de la période la plus récente[2].

Tableau 5-3

**Comparaison des deux mesures du taux de croissance agrégé de la productivité du travail, 1966-1971, 1971-1976 et 1973-1978**

En pourcentage

| | Mesure classique | Autre mesure |
|---|---|---|
| Moyenne de 1966-1971 | 2,8 | 2,8 |
| Moyenne de 1971-1976 | 1,4 | 2,0 |
| Moyenne de 1973-1978 | 0,3 | 0,3 |

SOURCE Tableaux 2-4, 2-5, 5-1 et 5-2.

## Décomposition de la stagnation de la productivité

Les estimations des taux de croissance de la productivité globale du travail qui se trouvent au tableau 5-1 ont l'avantage de pouvoir être décomposées en composantes qui correspondent à des catégories logiques sur le plan de l'analyse économique (voir chapitre 3). Nous allons maintenant commenter le tableau 5-4 dont la signification et la structure sont les mêmes que celles des tableaux 3-3, 3-4 et 3-5 (voir en particulier le tableau 3-5 qui porte sur la sous-période 1971-1976). Aux fins du présent chapitre, cependant, nous avons ajouté un élément de raffinement à l'analyse de décomposition, élément qui était absent du chapitre 3. Cette modification a trait à la présence du secteur du commerce international et au fait que ce secteur qui est purement un secteur d'échange, ne fait pas directement appel au facteur main-d'œuvre. Il en résulte une légère ambiguïté au niveau de l'analyse de décomposition de la composante des effets propres (qui n'influe nullement sur l'analyse de la croissance de la productivité globale du travail). Cette question et la solution proposée font l'objet d'une section complète de l'appendice A dont le lecteur peut prendre connaissance. Le tableau 5-5 constitue ainsi une mise au point qui incorpore la modification. On peut constater l'incidence de l'ajustement en comparant tout simplement les taux de croissance de la productivité du tableau 5-4 à leurs équivalents du tableau 5-5. Dans presque tous les cas, l'incidence est minime; effectivement, pour l'ensemble des 39 secteurs producteurs, la contribution des effets en aval aux taux de croissance de la productivité demeure inchangée (seuls les effets propres et les effets d'amont varient en sens contraire). Néanmoins, le tableau 5-5 fournit une représentation plus exacte de

Tableau 5-4

**Décomposition du taux de croissance annuel moyen de la productivité globale du travail, 40 secteurs d'activité, 1973-1978**

En pourcentage

| | Taux global moyenne de 1973-1978 | Composante des effets propres | Composante des effets d'amont | Composante des effets en aval | Composante des effets associés globaux |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 Agriculture | -0.0 | 0.5 | -0.5 | 0.1 | 0.6 |
| 2 Forêts | -0.1 | 0.1 | -0.2 | 0.8 | 0.9 |
| 3 Pêche et chasse | 2.3 | 2.4 | -0.0 | 0.1 | 2.5 |
| 4 Mines métalliques | -3.1 | -1.9 | -1.4 | 2.0 | -0.1 |
| 5 Combustibles minéraux | -7.4 | -5.1 | -3.2 | -2.1 | -6.6 |
| 6 Mines non métalliques | -2.0 | -1.4 | -0.7 | 0.1 | -1.3 |
| 7 Services miniers | 1.6 | 1.6 | 0.0 | -0.1 | 1.5 |
| 8 Industries des aliments et des boissons | 0.0 | 0.2 | -0.2 | 0.1 | 0.4 |
| 9 Industrie du tabac | 0.5 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.5 |
| 10 Caoutchouc et produits en matière plastique | 0.7 | 0.5 | 0.2 | 0.0 | 0.6 |
| 11 Industrie du cuir | 3.3 | 2.8 | 0.4 | 0.1 | 3.0 |
| 12 Industrie textile | 2.6 | 1.8 | 0.6 | 1.9 | 4.0 |
| 13 Bonneterie | 4.8 | 3.1 | 1.4 | 0.5 | 3.7 |
| 14 Industrie du vêtement | 3.6 | 2.4 | 1.0 | 0.4 | 2.9 |
| 15 Industrie du bois | 1.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 |
| 16 Industrie du meuble et des articles d'ameublement | 0.2 | -0.0 | 0.2 | 0.1 | 0.1 |
| 17 Industrie du papier et activités connexes | 0.1 | 0.4 | -0.3 | 1.1 | 1.5 |
| 18 Imprimerie, édition | 2.0 | 1.9 | 0.1 | 0.8 | 2.8 |
| 19 Première transformation des métaux | -1.8 | -0.6 | -1.3 | -0.0 | -0.6 |
| 20 Fabrication de produits en métal | -0.4 | -0.1 | -0.3 | 0.2 | 0.1 |
| 21 Fabrication de machines | 2.1 | 1.7 | 0.3 | 0.6 | 2.4 |
| 22 Fabrication de matériel de transport | 1.0 | 1.0 | 0.1 | 0.0 | 1.0 |
| 23 Fabrication de produits électriques | 1.5 | 1.4 | 0.1 | 1.1 | 2.5 |
| 24 Fabrication de produits non métalliques | -0.2 | 0.4 | -0.5 | 0.3 | 0.7 |
| 25 Fabrication de produits du pétrole et du charbon | -2.2 | -0.9 | -1.3 | -0.4 | -1.3 |
| 26 Industrie chimique | 0.7 | 1.0 | -0.3 | 0.4 | 1.4 |
| 27 Industries manufacturières diverses | 1.3 | 1.3 | 0.0 | 0.6 | 1.9 |
| 28 Construction | -0.5 | 0.1 | -0.6 | 1.0 | 1.1 |
| 29 Transports et entreposage | -0.9 | -0.8 | -0.0 | -1.8 | -2.5 |
| 30 Communications | 6.5 | 5.5 | 0.7 | 2.2 | 8.7 |
| 31 Électricité et gaz | -1.2 | -0.7 | -0.5 | -1.3 | -2.0 |
| 32 Commerce de gros | -0.6 | -0.6 | -0.0 | -1.9 | -2.4 |
| 33 Commerce de détail | 0.1 | -0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| 34 Finances, assurances et affaires immobilières | -0.1 | 0.0 | -0.1 | -2.1 | -2.0 |
| 35 Enseignement et services médicaux | -0.9 | -0.7 | -0.3 | -0.0 | -0.7 |
| 36 Services de divertissement et loisirs | 3.9 | 3.9 | 0.0 | 0.3 | 4.3 |
| 37 Services fournis aux entreprises | -1.3 | -1.5 | 0.2 | -6.6 | -7.6 |
| 38 Hébergement et restauration | 0.5 | 0.7 | -0.1 | -0.1 | 0.5 |
| 39 Autres services personnels | -1.2 | -1.2 | -0.0 | -0.6 | -1.8 |
| 40 Commerce international | -0.1 | -0.1 | -0.0 | 0.0 | -0.1 |
| Tous les secteurs | 0.3 | 0.4 | -0.1 | -0.1 | 0.2 |

SOURCE D'après des données de Statistique Canada.

la décomposition de la croissance de la productivité et c'est sur ce tableau que nous portons notre attention.

Il est intéressant de vérifier tout d'abord si les secteurs dont la croissance de la productivité a été négative dans le tableau 5-1 (c'est-à-dire selon les taux de croissance de la productivité globale du travail) continuent à afficher une croissance négative assez importante lorsqu'on envisage la contribution des effets propres. En examinant les première et deuxième colonnes du tableau 5-5, on constate qu'il en est ainsi pour des secteurs comme ceux des mines métalliques (n° 4), des combustibles minéraux (n° 5), des services fournis aux entreprises (n° 37), mais non pas dans le cas de la fabrication de produits du pétrole et du charbon (n° 25). Parallèlement, la plupart des industries qui connaissent les taux de croissance de productivité positifs les plus élevés (selon la mesure de la productivité globale, colonne I)

Tableau 5-5

**Décomposition modifiée du taux de croissance annuel moyen de la productivité globale du travail, 40 secteurs d'activité, 1973-1978**

En pourcentage

| | Taux global moyenne de 1973-1978 | Composante des effets propres | Composante des effets d'amont | Composante des effets en aval | Composante des effets associés globaux |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 Agriculture | -0.0 | 0.4 | -0.4 | 0.1 | 0.5 |
| 2 Forêts | -0.1 | 0.0 | -0.1 | 0.8 | 0.8 |
| 3 Pêche et chasse | 2.3 | 2.3 | 0.0 | 0.1 | 2.4 |
| 4 Mines métalliques | -3.1 | -2.0 | -1.3 | 2.0 | -0.2 |
| 5 Combustibles minéraux | -7.4 | -5.3 | -2.9 | -2.1 | -6.8 |
| 6 Mines non métalliques | -2.0 | -1.5 | -0.6 | 0.1 | -1.4 |
| 7 Services miniers | 1.6 | 1.6 | 0.0 | -0.1 | 1.5 |
| 8 Industries des aliments et des boissons | 0.0 | 0.2 | -0.2 | 0.1 | 0.4 |
| 9 Industrie du tabac | 0.5 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.5 |
| 10 Caoutchouc et produits en matière plastique | 0.7 | 0.5 | 0.2 | 0.0 | 0.5 |
| 11 Industrie du cuir | 3.3 | 2.7 | 0.5 | 0.1 | 2.9 |
| 12 Industrie textile | 2.6 | 1.9 | 0.6 | 1.9 | 4.1 |
| 13 Bonneterie | 4.8 | 3.3 | 1.3 | 0.5 | 3.9 |
| 14 Industrie du vêtement | 3.6 | 2.4 | 1.0 | 0.4 | 2.9 |
| 15 Industrie du bois | 1.0 | 0.9 | 0.1 | 0.0 | 0.9 |
| 16 Industrie du meuble et des articles d'ameublement | 0.2 | -0.1 | 0.3 | 0.1 | -0.0 |
| 17 Industrie du papier et activités connexes | 0.1 | 0.3 | -0.2 | 1.1 | 1.4 |
| 18 Imprimerie, édition | 2.0 | 1.8 | 0.2 | 0.8 | 2.8 |
| 19 Première transformation des métaux | -1.8 | -0.8 | -1.1 | -0.0 | -0.8 |
| 20 Fabrication de produits en métal | -0.4 | -0.1 | -0.3 | 0.2 | 0.1 |
| 21 Fabrication de machines | 2.1 | 1.6 | 0.4 | 0.6 | 2.3 |
| 22 Fabrication de matériel de transport | 1.0 | 0.9 | 0.2 | 0.0 | 0.9 |
| 23 Fabrication de produits électriques | 1.5 | 1.3 | 0.2 | 1.1 | 2.4 |
| 24 Fabrication de produits non métalliques | -0.2 | 0.3 | -0.5 | 0.3 | 0.6 |
| 25 Fabrication de produits du pétrole et du charbon | -2.2 | 0.1 | -2.2 | -0.4 | -0.3 |
| 26 Industrie chimique | 0.7 | 0.9 | -0.2 | 0.4 | 1.3 |
| 27 Industries manufacturières diverses | 1.3 | 1.1 | 0.2 | 0.6 | 1.7 |
| 28 Construction | -0.5 | -0.0 | -0.5 | 1.0 | 1.0 |
| 29 Transports et entreposage | -0.9 | -0.8 | -0.0 | -1.8 | -2.5 |
| 30 Communications | 6.5 | 5.5 | 0.7 | 2.2 | 8.7 |
| 31 Électricité et gaz | -1.2 | -0.8 | -0.4 | -1.3 | -2.1 |
| 32 Commerce de gros | -0.6 | -0.6 | -0.0 | -1.9 | -2.4 |
| 33 Commerce de détail | 0.1 | -0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| 34 Finances, assurances et affaires immobilières | -0.1 | 0.0 | -0.1 | -2.1 | -2.0 |
| 35 Enseignement et services médicaux | -0.9 | -0.8 | -0.2 | -0.0 | -0.8 |
| 36 Services de divertissement et loisirs | 3.9 | 3.9 | 0.0 | 0.3 | 4.3 |
| 37 Services fournis aux entreprises | -1.3 | -1.5 | 0.2 | -6.6 | -7.6 |
| 38 Hébergement et restauration | 0.5 | 0.6 | -0.1 | -0.1 | 0.5 |
| 39 Autres services personnels | -1.2 | -1.2 | -0.0 | -0.6 | -1.8 |
| 40 Commerce international | -0.1 | -0.1 | -0.0 | 1.7 | 1.6 |
| Tous les secteurs | 0.3 | 0.3 | -0.0 | 0.1 | 0.3 |

SOURCE D'après des données de Statistique Canada

sont également celles qui affichent des taux relativement élevés selon la mesure des effets propres de la deuxième colonne; les résultats des secteurs de la bonneterie (n° 13), des communications (n° 30) et des services de divertissement et loisirs (n° 36) le confirment. Il importe cependant davantage de tenter de dégager une impression d'ensemble du phénomène de la stagnation de la croissance de la productivité durant la période 1973-1978. Autrement dit, nous cherchons à déterminer le trait caractéristique dominant de la période de stagnation de la productivité canadienne, celui qui la distingue des autres périodes. On peut y arriver en examinant le résultat de l'agrégation pour l'ensemble des secteurs des taux décomposés de croissance de la productivité du tableau 5-4 (dernière ligne), en comparaison des résultats analogues du tableau 5-6. Même si la contribution des effets propres au taux agrégé de

croissance de la productivité a baissé constamment durant la période 1961-1978, la chute de la contribution des effets d'amont a été beaucoup plus manifeste, tant en termes absolus qu'en termes relatifs.

Tableau 5-6

**Comparaison de deux composantes du taux agrégé de la productivité du travail, 1961-1966, 1966-1971, 1971-1976 et 1973-1978**

En pourcentage

| | Composante des effets propres | Composante des effets d'amont |
|---|---|---|
| Moyenne de 1961-1966 | 1,0 | 2,1 |
| Moyenne de 1966-1971 | 1,4 | 1,5 |
| Moyenne de 1971-1976 | 0,7 | 1,3 |
| Moyenne de 1973-1978 | 0,4 | -0,1 |

SOURCE Tableaux 3-3, 3-4, 3-5 et 5-4

À ce stade, les rappels suivants s'imposent. Premièrement, les deux composantes de la croissance de la productivité qui précèdent représentent une décomposition simple de la croissance agrégée de la productivité globale, c'est-à-dire que la somme de la composante des effets propres et de la composante des effets d'amont donne une approximation (compte tenu d'une composante des effets d'interaction très minime) du taux agrégé de croissance de la productivité globale du travail. Ce dernier taux de croissance annuel moyen égal 0,3 % pour la période 1973-1978. Deuxièmement, la composante des effets d'amont, qu'il s'agisse d'agrégation ou de désagrégation par secteur, représente des changements technologiques dans l'ensemble de l'économie qu'il est souvent difficile de caractériser et d'associer à des secteurs particuliers. Nous savons cependant que la somme des effets d'amont captés par l'ensemble des secteurs (avant leur transposition en termes de croissance de la productivité) est égale à la somme des effets transmis en aval par l'ensemble des secteurs (également avant leur transposition en termes de croissance de la productivité). En effet, le tableau 3-2 a déjà permis d'illustrer cette identité pour la période 1961-1976. (Nous ne reprendrons pas cette illustration pour la période 1973-1978, préférant exprimer l'ensemble des résultats en termes de taux de croissance de la productivité.) Quant aux effets en aval, qu'ils soient exprimés comme variations dans le temps des besoins en main-d'œuvre ou transformés en effets en aval, on peut les associer à des secteurs particuliers. On doit cependant le faire avec prudence puisque les effets en aval peuvent eux-mêmes être décomposés en deux éléments constituants de base pouvant chacun faire l'objet d'une interprétation distincte sur le plan de l'analyse économique. Dans l'appendice A, nous analysons en détail les difficultés que pose l'analyse des effets en aval et une solution est proposée. Aux fins du présent exposé, nous adoptons la démarche suivante.

Nous savons que les réductions des coefficients de main-d'œuvre directe sont les éléments dominants de la composante des effets propres tant au niveau des secteurs qu'au niveau de l'ensemble. D'une façon générale, de telles réductions ont persisté durant la période 1973-1978, mais à un taux moindre. Ce qui distingue principalement cette période des autres semble être, pour nombre de secteurs, un phénomène de glissement vers une consommation accrue de biens intermédiaires par unité de production. Signalons que les achats de facteurs intermédiaires comprennent les biens de remplacement du capital fixe qui peuvent tous être soit le fait de la production intérieure, soit celui de l'importation. Signalons également que, selon notre méthode, toute variation dans l'utilisation de facteurs intermédiaires peut être exprimée par un dénominateur commun, la main-d'œuvre ! Nous savons que l'augmentation des achats interindustriels de biens intermédiaires retarde la croissance de la productivité à moins que des réductions plus considérables des coefficients de main-d'œuvre directe ne viennent la compenser, c'est-à-dire que les biens intermédiaires viennent se substituer à la main-d'œuvre directe. Encore une fois, de façon générale, cette condition nécessaire au maintien de la croissance de la productivité n'est pas remplie pour la période 1973-1978. Notre analyse nous permet cependant d'aller plus loin et d'examiner les secteurs dont la production a fait l'objet d'une utilisation accrue de facteurs intermédiaires durant la période à l'étude. Et cet examen peut se dérouler selon une logique tout à fait appropriée à l'analyse de la productivité, puisque les unités de variation analysées ont finalement toutes comme dénominateur commun le facteur main-d'œuvre. Pour en arriver à ce résultat, nous allons de nouveau considérer les effets en aval des secteurs en tant que composante des variations des besoins en main-d'œuvre (dont la description est donnée au chapitre 3) en nous attachant plus particulièrement aux deux principaux éléments constituants de cette composante.

Le tableau 5-5 contient déjà une liste par secteur des composantes des effets en aval (colonne 4). Dans nombre de cas, ces effets sont négatifs, ce qui donne « l'envers de la médaille » par rapport aux effets d'amont présentés dans la colonne 3. À ce stade, il est cependant plus révélateur de passer au tableau 5-7 qui contient une décomposition plus détaillée de la composante des effets en aval. On appelle effets en aval purs (colonne 2) le premier

Tableau 5-7

Décomposition du taux de croissance annuel moyen des effets en aval, 40 secteurs d'activité, 1973-1978

En pourcentage

| | Total des effets en aval | Effets en aval purs | Effets de substitution en aval |
|---|---|---|---|
| 1 Agriculture | 0,1 | 1,2 | -1,0 |
| 2 Forêts | 0,8 | 0,1 | 0,7 |
| 3 Pêche et chasse | 0,1 | 0,2 | -0,1 |
| 4 Mines métalliques | 2,0 | -0,8 | 3,0 |
| 5 Combustibles minéraux | -2,1 | -3,0 | 1,1 |
| 6 Mines non métalliques | 0,1 | -0,2 | 0,3 |
| 7 Services miniers | -0,1 | 0,5 | -0,6 |
| 8 Industries des aliments et des boissons | 0,1 | 0,7 | -0,5 |
| 9 Industrie du tabac | 0,1 | 0,1 | -0,1 |
| 10 Caoutchouc et produits en matière plastique | 0,0 | 0,3 | -0,3 |
| 11 Industrie du cuir | 0,1 | 0,2 | -0,0 |
| 12 Industrie textile | 1,9 | 1,6 | 0,3 |
| 13 Bonneterie | 0,5 | 0,4 | -0,1 |
| 14 Industrie du vêtement | 0,4 | 0,3 | 0,1 |
| 15 Industrie du bois | 0,0 | 1,0 | -0,9 |
| 16 Industrie du meuble et des articles d'ameublement | 0,1 | 0,0 | 0,1 |
| 17 Industrie du papier et activités connexes | 1,1 | 0,8 | 0,3 |
| 18 Imprimerie, édition | 0,8 | 1,2 | -0,3 |
| 19 Première transformation des métaux | -0,0 | -1,0 | 1,0 |
| 20 Fabrication de produits en métal | 0,2 | 0,0 | 0,2 |
| 21 Fabrication de machines | 0,6 | 1,7 | -0,9 |
| 22 Fabrication de matériel de transport | 0,0 | 2,9 | -2,5 |
| 23 Fabrication de produits électriques | 1,1 | 1,2 | -0,1 |
| 24 Fabrication de produits non métalliques | 0,3 | 0,3 | 0,1 |
| 25 Fabrication de produits du pétrole et du charbon | -0,4 | -0,2 | -0,1 |
| 26 Industrie chimique | 0,4 | 1,4 | -0,8 |
| 27 Industries manufacturières diverses | 0,6 | 0,6 | 0,1 |
| 28 Construction | 1,0 | 1,1 | -0,0 |
| 29 Transports et entreposage | -1,8 | -2,4 | 0,7 |
| 30 Communications | 2,2 | 5,1 | -2,2 |
| 31 Électricité et gaz | -1,3 | -0,6 | -0,7 |
| 32 Commerce de gros | -1,9 | -0,7 | -1,2 |
| 33 Commerce de détail | 0,1 | 0,0 | 0,1 |
| 34 Finances, assurances et affaires immobilières | -2,1 | 1,2 | -3,1 |
| 35 Enseignement et services médicaux | -0,0 | 0,0 | -0,0 |
| 36 Services de divertissement et loisirs | 0,3 | 0,4 | -0,0 |
| 37 Services fournis aux entreprises | -6,6 | -2,5 | -4,6 |
| 38 Hébergement et restauration | -0,1 | 0,3 | -0,3 |
| 39 Autres services personnels | -0,6 | -0,4 | -0,2 |
| 40 Commerce international | 1,7 | 0,0 | 1,7 |
| Tous les secteurs | 0,05 | 0,42 | -0,33* |

*Le taux agrégé de croissance des effets de substitution en aval serait égal à -0,38 % si on excluait la modification apportée au secteur du commerce international.

SOURCE D'après des données de Statistique Canada.

élément du taux de croissance de la productivité. L'expression ne comporte aucune ambiguïté et représente pour chaque secteur, par rapport à la production qui lui est propre, son niveau de consommation intermédiaire, en fonction des coefficients tant directs qu'indirects, pondéré par la variation de ses coefficients de main-d'œuvre directe au cours de la période 1973-1978. Puisque ce dernier coefficient a baissé pour la plupart des secteurs, lorsque l'expression est transformée en taux de croissance de la productivité selon la procédure habituelle (exposée dans le chapitre 3), ces taux sont rendus positifs. Ainsi, dans la plupart des cas, l'expression des effets en aval purs contribue positivement à la croissance de la productivité à l'échelle de l'ensemble de l'économie. L'autre élément constituant, qui figure dans la colonne 3 du tableau 5-7, est la composante des effets de substitution en aval. Comme on l'explique dans l'appendice A, cette notion est quelque peu ambiguë. En dernière analyse, l'expression repré-

sente les variations dans le temps de l'importance des produits d'une industrie donnée comme facteurs indirects de consommation intermédiaire pour l'ensemble du secteur des entreprises; ces variations sont alors pondérées par le *niveau* des coefficients de main-d'œuvre directe du secteur. Ainsi, lorsque la production d'un secteur sert de plus en plus à des fins de consommation intermédiaire, l'incidence de cette expression devient négative sous l'angle de la croissance de la productivité. Il semble opportun d'employer le mot « substitution » puisque tout accroissement de la consommation intermédiaire d'un facteur de production donné (par unité de produit) indique habituellement, mais pas nécessairement, qu'il y a substitution d'un autre facteur de production, y compris le facteur main-d'œuvre. Il paraît évident que, pour nombre de secteurs, la contribution des effets de substitution en aval au taux de croissance de la productivité a été négative durant la période 1973-1978. L'apport positif du premier élément constituant (colonne 2) se trouve souvent annulé (en partie) par l'apport négatif du deuxième (colonne 3) dans le cas de certains secteurs importants. Ainsi, en n'examinant que la composante des effets en aval totaux (colonne 1) on risque souvent de masquer la réalité plutôt que de la mettre en évidence. En effet, les secteurs qui affichent dans la troisième colonne des taux négatifs élevés (en valeurs absolues) de croissance de la productivité, où la substitution des facteurs intermédiaires est exprimée en termes du dénominateur commun des unités de main-d'œuvre, sont justement ceux qu'il nous est désormais possible d'assimiler (par association) au trait caractéristique distinctif de la stagnation de la productivité dont la période 1973-1978 est le reflet.

Le tableau 5-8 donne une représentation plus concrète de ce qui précède. Ce tableau contient l'élément constituant des effets de substitution en aval, mesuré par les changements connexes des besoins en main-d'œuvre (c'est-à-dire avant la transposition en termes de croissance de la productivité). Les variations sont toutes positives (comme l'indique le signe plus), ce qui laisse supposer une incidence négative sur la croissance de la productivité dans l'ensemble de l'économie. Les données de la première colonne proviennent directement du tableau A-3 donné en appendice. Les données de la deuxième colonne sont sous-jacentes aux estimations de productivité de la troisième colonne du tableau 5-7. Puisque la première colonne porte sur une période de 15 ans, nous devrions nous attendre, *toutes autres choses étant égales par ailleurs*, à ce que l'ampleur des effets en aval inscrits dans cette colonne soit au moins trois fois plus considérable que celle des effets en aval correspondants de la deuxième colonne. De fait, on pourrait même s'attendre à voir les résultats de la première colonne dépasser ces prévisions, puisque les effets de pondération exercés par les coefficients de main-d'œuvre directe sous-jacents se sont amoindris constamment au cours de la période 1961-1978. Néanmoins, les chiffres de la deuxième colonne, celle de 1973-1978, sont généralement du même ordre de grandeur que ceux de la première colonne pour ce qui a trait aux quatre secteurs importants sur le plan de la production intermédiaire. Nous considérons ce résultat comme l'une des caractéristiques dominantes de la période de stagnation de la productivité : on assiste à une augmentation spectaculaire de la consommation intermédiaire de services d'origine externe au secteur, mais ce phénomène n'est pas compensé, d'une façon générale, par des réductions correspondantes de l'utilisation de main-d'œuvre directe ou par une consommation moindre d'autres facteurs intermédiaires.

Tableau 5-8

Variation des besoins totaux en main-d'œuvre associée aux effets de substitution en aval, en années-personnes par unité de production d'un million de dollars*, quatre secteurs d'activité, 1961-1976 et 1973-1978

| | 1961-1976 | 1973-1978 |
|---|---|---|
| 30 Communications | +11,6 | +10,3 |
| 32 Commerce de gros | +12,4 | +4,7 |
| 34 Finances, assurances et affaires immobilières | +0,8 | +9,1 |
| 37 Services fournis aux entreprises | +30,3 | +23,6 |

*En dollars constants de 1971
SOURCE Tableaux 5-7 et A-3

Quelle explication donner à ce phénomène distinctif ? Il nous faut évidemment poursuivre davantage la désagrégation des quatre secteurs producteurs de services intermédiaires énumérés pour en arriver à plus de précision. La question sera examinée dans la conclusion. Pour le moment, toutefois, nous proposons au lecteur les réflexions suivantes. L'accélération de l'informatisation des activités industrielles a-t-elle entraîné, durant la période d'apprentissage, à moyen terme tout au moins, des pertes ou des gains sur le plan de la productivité ? Il ne faut pas non plus négliger l'influence sournoise mais envahissante de l'inflation sur la croissance de la productivité. Lorsqu'une économie est soumise à des taux d'inflation relativement élevés, elle est caractérisée par une augmentation des transactions financières et des services de comptabilité consommés par l'entreprise et, à l'heure actuelle, ces opérations sont en bonne partie informatisées.

En guise de conclusion au présent chapitre, il convient de souligner que certaines autres caractéristiques de la période de stagnation de la productivité canadienne méritent également d'être mises en lumière. Par exemple, il est évident que le secteur de l'agriculture et l'industrie minière ont connu des transformations sur le plan de la technologie et des ressources naturelles qui ont entraîné dans ces secteurs un net ralentissement de la productivité, accompagné de stagnation, tout au long de la période 1961-1978. Nous reviendrons sur certaines de ces caractéristiques dans le prochain chapitre, dont la perspective est davantage tournée vers l'avenir.

# 6 Conclusion

Dans la présente étude, nous nous sommes surtout attachés à expliquer la nature et la portée de la nouvelle méthode d'analyse de la productivité canadienne. De nombreux tableaux statistiques accompagnent le texte et illustrent les estimations de productivité portant sur diverses périodes. Nous avons également fourni certaines applications destinées à expliciter davantage la nature de la nouvelle technique. Nombre de lecteurs auront compris que cette dernière exige une remise en question de la notion de productivité, surtout de la part de ceux qui, durant nombre d'années, ont fondé leurs travaux sur les notions classiques. Il nous est donc apparu important d'expliquer tout d'abord la nouvelle technique pour ensuite examiner son incidence sur l'élaboration des politiques. En effet, ceux qui ont suivi la démarche présentée dans les chapitres précédents ont pu, au fil du déroulement de l'exposé, dégager leurs propres interprétations et tirer leurs propres conclusions sur le plan de la politique économique. Il est néanmoins utile que le présent chapitre contienne des lignes directrices qui définissent assez bien la portée de l'étude sur le plan des politiques canadiennes en matière d'industrie et de productivité. Le présent chapitre vise donc surtout à circonscrire et à définir ces lignes de force. Il renferme également une récapitulation des caractéristiques essentielles de la méthode proposée et une section finale qui traite de l'orientation future de la recherche.

## Récapitulation des techniques de mesure de la productivité

La nouvelle méthode se distingue surtout par le fait que toutes les mesures de la productivité industrielle sont faites par rapport à la demande finale, c'est-à-dire qu'elles s'appliquent aux produits de consommation (finale). C'est là une optique très différente de celle qui prévaut depuis longtemps dans les calculs classiques de la productivité, tous axés sur le secteur d'activité, ou simplement sur la production. Étant donné que la consommation totale de l'économie équivaut approximativement à sa production totale, on pourrait s'attendre à ce que les deux séries de mesure de la productivité coïncident au niveau agrégé. Cette condition est remplie dans l'ensemble, mais il peut exister et il existe de fait des différences appréciables au niveau des mesures de productivité désagrégées par secteur.

Nous ne présentons pas une nouvelle technique dans le simple but de démontrer qu'il est possible de calculer la productivité différemment. Nous soutenons plutôt que notre méthode possède des propriétés extrêmement souhaitables qu'aucune mesure classique ne réunit toutes à la fois. Il nous semble souhaitable, par exemple, qu'une mesure de productivité définisse sans ambiguïté un niveau de productivité à un moment précis (de même qu'un taux de croissance de la productivité dans le temps). Est-ce trop demander que de vouloir une mesure qui renferme cette propriété qui va presque de soi ? Nous croyons que non ! On ne peut étudier les variations interindustrielles de la composition de la demande finale sans disposer de niveaux de productivité adéquatement définis. Les niveaux désagrégés de productivité doivent pouvoir se comparer aux mesures établies du niveau de vie d'un pays. Or, la seule mesure classique de la productivité dont on peut tirer des niveaux de productivité industrielle non ambigus est la mesure très simple qui est fondée sur la valeur ajoutée réelle et le nombre de personnes employées. Nous démontrons dans la présente étude que la nouvelle méthode engendre un niveau de productivité globale du travail pour chaque produit industriel de consommation finale. Cette mesure de la productivité prend en compte les biens de remplacement du capital fixe et tous les facteurs intermédiaires, qu'ils soient produits au pays ou importés, de même que la main-d'œuvre; tous les facteurs de production autres que la main-d'œuvre sont essentiellement transformés en leurs équivalents en main-d'œuvre, de sorte que tous les facteurs de production ont un dénominateur commun. C'est cette caractéristique qui rend possible le calcul de niveaux de productivité (et de taux de croissance) bien définis.

Nous avons l'impression qu'il existe également un certain malaise parmi les statisticiens de l'économie

au sujet de la signification et de la validité des taux classiques de croissance de la productivité à facteurs multiples. Par exemple, un accroissement de l'utilisation de capital entraîne-t-il nécessairement une augmentation de la productivité et, si tel est le cas, quel sens doit-on donner à cette augmentation ? Comment peut-on intégrer adéquatement aux calculs classiques de productivité une augmentation de l'importation de facteurs intermédiaires ? Pourquoi les estimations de croissance de la productivité industrielle à facteurs multiples ne se limitent-elles qu'à la simple agrégation de tous les facteurs intermédiaires, ou encore, ne distinguent-elles que deux ou trois sous-catégories d'agrégats ? Les réponses à ces questions ne nous paraissent pas évidentes. Nous savons, toutefois, que ces questions ne posent aucun problème dans le cadre de la nouvelle méthode d'analyse de la productivité (fondée sur les entrées-sorties). La solution consiste encore une fois à transformer tous les facteurs de production industrielle, tant les facteurs primaires que secondaires, en leurs équivalents en main-d'œuvre. Par exemple, si l'industrie de la construction, producteur de premier plan de capital fixe, subit une baisse de productivité, rien ne permet de supposer qu'une augmentation de l'utilisation de capital entraînera une hausse mesurable de la productivité à l'échelle de l'économie. La nouvelle méthode permet de reconnaître immédiatement ce genre de situation. De plus, notre méthode introduit un secteur du commerce international; l'équivalent en main-d'œuvre des produits intermédiaires d'importation est dérivé, en dernière analyse, du contenu en main-d'œuvre des produits exportés (correction faite pour tenir compte de la variation des termes de l'échange internationaux). Pour un pays comme le Canada, il est essentiel d'incorporer de façon explicite le commerce international à toute analyse de la productivité. Nous constatons que le fait d'intégrer le commerce international à l'analyse influe de façon appréciable sur les niveaux de productivité et les taux de croissance de secteurs particuliers, bien qu'il se puisse que l'incidence globale soit minime dans l'ensemble de l'économie.

La nouvelle méthode possède également une caractéristique intéressante en regard du problème statistique posé par les erreurs de mesure de la production réelle. Comme nous le savons, la production réelle de nombre de secteurs, en particulier ceux des services, est difficile à mesurer et même à définir (le problème est attribuable à l'absence d'indices de déflation valables). Chaque taux de croissance de la productivité de type classique d'une industrie donnée est sensible aux erreurs de mesure qui peuvent se produire dans cette industrie aussi bien que dans tout autre secteur. Cela veut dire, par exemple, que même les taux bien établis de croissance de la productivité manufacturière peuvent contenir des erreurs de mesure inconnues du fait que les industries font l'achat de divers services à titre de facteurs intermédiaires (facteurs réels qui font probablement l'objet d'erreurs de mesure à un moment ou l'autre). Cela pourrait constituer un problème grave lorsqu'on fait des calculs statistiques visant à expliquer la croissance de la productivité ou même tout simplement à observer l'étendue et l'intensité d'un ralentissement hypothétique du niveau agrégé de la productivité. La nouvelle méthode fondée sur les entrées-sorties n'est pas assujettie à ce problème de mesure statistique. En effet, nos taux de croissance de la productivité globale du travail ont une propriété tout à fait remarquable. L'estimation du taux de croissance d'un secteur donné n'est sensible qu'à l'erreur qui peut se produire lorsqu'on mesure la production réelle de ce secteur; toute erreur qui se produit ailleurs dans le secteur des entreprises n'a aucune incidence sur le calcul de la croissance de la productivité du secteur à l'étude, quel que soit le degré d'interdépendance industrielle. Cela signifie, par exemple, que nous sommes passablement certains de l'exactitude statistique des taux de croissance de la productivité manufacturière que nous estimons en appliquant la méthode de la productivité globale du travail (voir les applications des chapitres 3, 4 et 5). La méthode est dotée d'un mécanisme de correction automatique des erreurs de mesure.

Il est sans doute à propos, à ce stade, d'aborder une autre question relative à la mesure de la productivité. (Le profane peut choisir de passer au prochain paragraphe sans perte de continuité.) On aura constaté que la nouvelle méthode est fondée presque entièrement sur des données statistiques tirées des tableaux d'entrées-sorties et des comptes nationaux. Il n'y a là rien de singulier en soi, puisque les calculs de productivité classiques sont également fondés sur l'exploitation de la même série de données et n'en constituent, en réalité, qu'une simple agrégation (facteurs de production intermédiaires). Cela est vrai du moins pour ce qui a trait au système statistique canadien. Il existe cependant d'autres mesures plus raffinées de la productivité qui incorporent également certaines hypothèses théoriques comme la maximisation des profits industriels ou la minimisation des coûts industriels. En retenant de telles hypothèses, on en arrive supposément à des estimations de productivité mieux définies et plus exactes. Ces hypothèses ne jouent aucun rôle dans notre nouvelle approche, qui s'appuie essentiellement sur des données comptables et statistiques. À notre avis, la validité d'hypothèses théoriques en recherche statistique appliquée doit dépendre de la nature du mécanisme qui donne effectivement naissance aux données statistiques dont on dispose. Au Canada, la recherche en matière

de productivité industrielle, surtout celle qui porte sur l'ensemble du secteur des entreprises, est entièrement fondée sur le même ensemble de données qui ont fait l'objet de nombreux traitements et manipulations, de sorte qu'il est impossible de prétendre sérieusement que ces données sont issues d'un mécanisme économique qui satisfait à l'une ou l'autre des deux hypothèses susmentionnées. Il existe, en bref, deux problèmes contradictoires d'ordre statistique. Premièrement, si l'on mesure les productivités des divers secteurs à un niveau général de définition industrielle (au niveau des deux chiffres, par exemple), le problème classique d'agrégation se pose alors : les hypothèses théoriques non linéaires ne peuvent être appariées aux données d'observation additives simples dans le cas d'agrégations hétérogènes d'industries. Deuxièmement, si l'on mesure les productivités des divers secteurs à un niveau de définition précis (celui des quatre chiffres, par exemple), les unités d'observation peuvent être suffisamment homogènes, mais elles représentent alors dans une large mesure des éléments hétéroclites d'entreprises industrielles (par ex., des usines, des installations, des unités subordonnées, des sièges sociaux, etc.). Le problème d'agrégation classique semble alors surmonté. C'est là une illusion puisque les unités particulières d'un secteur donné sont souvent liées par des rapports de propriété et de contrôle à des unités particulières d'autres secteurs (selon les données, le type d'entreprise dominant est la société de grande taille à installations multiples qui chevauche plusieurs secteurs). Ces entreprises peuvent certes poursuivre des objectifs de maximisation des profits ou de minimisation des coûts, mais rien ne permet de supposer que les mêmes hypothèses soient nécessairement valables dans le cas de leurs unités constituantes particulières sur lesquelles portent les observations (on pense au problème des coûts conjoints de la gestion et des services, aux ententes internes en matière de prix et de transfert, et ainsi de suite). De toute manière, les données statistiques de base qui existent sont assujetties à une série de rectifications effectuées par les autorités en matière de statistique. Il n'en faut pas davantage pour compromettre la validité des suppositions économiques théoriques[7]. C'est donc dans un esprit dégagé d'hypothèses théoriques que s'inscrit l'application de notre nouvelle technique d'analyse de la productivité.

## Explication de la croissance de la productivité

La nouvelle méthode de mesure de la productivité explique-t-elle la croissance de la productivité ? Non ! et il en va de même de toute autre mesure de la productivité. Tout au plus nous est-il permis d'espérer qu'une mesure de la productivité soit dotée de certaines propriétés raisonnables et souhaitables (comme on l'a déjà mentionné) et que la technique de mesure possède un certain pouvoir explicatif du processus de la croissance de la productivité. Il va sans dire que le sens qu'on donne au terme « explication » revêt beaucoup d'importance. Par exemple, dans les études classiques de productivité industrielle à facteurs multiples, on explique souvent la croissance de la productivité du travail en faisant référence à des variables qui prennent en compte les variations de l'intensité du capital, de l'intensité de l'énergie, de l'intensité d'autres facteurs intermédiaires, et ainsi de suite. Selon la nouvelle méthode, ces variables ont déjà été transformées en leurs équivalents en main-d'œuvre. Il ne peut y avoir qu'un seul type de changement de la productivité véritable puisque toute variation de productivité devient, en dernière analyse, soit un facteur d'économie de main-d'œuvre (gain de productivité), soit un facteur de gaspillage de main-d'œuvre (perte de productivité). Nous allons cependant démontrer plus avant dans le présent chapitre que cette idée peut être poussée encore plus loin; il n'y a rien de sacré dans la technique particulière de transformation en main-d'œuvre appliquée dans la présente étude.

On peut néanmoins affirmer, en faisant certaines réserves, que la présente étude fournit une explication de la croissance de la productivité canadienne. Ces réserves ont trait à l'analyse de décomposition de la productivité des chapitres 3 et 5. L'élément de base de notre calcul de la croissance de la productivité industrielle est le taux de croissance de la productivité globale du travail, qui est décrit en détail dans le chapitre 2. Ce calcul de la croissance porte sur les variations de la main-d'œuvre totale (directe et indirecte) nécessaire pour que l'économie canadienne fournisse une unité du produit d'un secteur donné en réponse à la demande finale. Puisque tous les secteurs d'une économie sont à l'origine, à des degrés divers, des besoins totaux en main-d'œuvre, la mesure comme telle n'a rien de particulièrement révélateur tant qu'on n'a pas pu associer les variations de la productivité aux changements technologiques qui se produisent dans les divers secteurs d'activité. Avant de poursuivre l'exercice, il convient d'apporter deux mises au point. Premièrement, lorsque nous affirmons que la mesure n'a rien de particulièrement révélateur, notre affirmation vise strictement la recherche d'une explication à la croissance de la productivité. Comme nous le montrons dans le présent chapitre, il existe d'autres préoccupations valables que celle d'expliquer la croissance de la productivité ! Deuxièmement, il y a

lieu d'établir des distinctions nettes entre les variations de la productivité et les changements technologiques. Dans la présente étude, la notion de variation de la productivité est une notion dérivée; il existe diverses façons de mesurer la variation de la productivité et elles dépendent largement de l'optique retenue. Nous privilégions une optique axée sur la demande finale, où la main-d'œuvre est l'unique et l'ultime facteur primaire (cette question est également abordée plus loin). Par contre, la notion de changement technologique est une notion primaire : elle se rapporte à toute variation du coefficient de main-d'œuvre directe d'un secteur ou de l'ensemble des coefficients d'utilisation de facteurs intermédiaires (y compris le capital fixe), qu'il s'agisse de facteurs produits au pays ou importés.

Ainsi, pour en revenir à la question principale, la présente étude offre en effet une explication de la croissance de la productivité industrielle dans le sens suivant. Pour une période donnée, le taux de croissance de la productivité globale du travail de chaque secteur est décomposé en effets propres et en effets d'amont (intermédiaires). Dans le contexte qui nous intéresse (voir le chapitre 3), on attribue une signification distincte et une interprétation économique cohérente à chacune de ces deux composantes du taux de croissance. Chaque composante peut être décomposée à son tour en au moins deux sous-composantes et chacune de ces sous-composantes peut être facilement associée à des types particuliers de changements technologiques propres au secteur d'activité ou à l'ensemble des secteurs. On peut même aller plus loin et étudier la composition désagrégée, par secteur d'activité, de la contribution des effets d'amont incorporée à la croissance de la productivité globale du travail d'un secteur donné. Cette analyse suppose l'étude des effets en aval d'un secteur d'activité, effets, qui, à leur tour, peuvent être décomposés en diverses sous-expressions ayant chacune des caractéristiques définies sur le plan du changement technologique. En fait, on a appliqué une procédure de ce genre dans le chapitre 5 pour tenter de dégager certains traits caractéristiques de la période de stagnation de la croissance agrégée de la productivité canadienne de 1973 à 1978. Nous laissons à d'autres le soin de déterminer s'il s'agit là ou non d'une procédure qui peut être qualifiée de démarche explicative de la croissance de la productivité.

La nouvelle méthode d'analyse de la croissance de la productivité fournit également l'occasion d'expliquer de façon plus conventionnelle la croissance de la productivité. Cela est abondamment illustré dans le chapitre 4, où la méthode est appliquée à l'analyse de la recherche et du développement. On a considéré durant de nombreuses années qu'il n'existait pas de liens directs au Canada entre la recherche et le développement industriels et la croissance de la productivité industrielle. Il paraît raisonnable d'accepter cette conclusion dans la mesure où chaque secteur d'activité est analysé isolément (voir Conseil économique, 1980, pp. 106-108). Compte tenu, cependant, de l'importance accordée à la recherche et au développement dans les écrits économiques qui décrivent le changement technologique, il semble opportun d'approfondir l'analyse en tentant de circonscrire toute relation pouvant exister dans le cas du Canada. En effet, les comptes rendus les plus récents de l'activité de recherche portant sur cette question (voir Scherer, 1982*a*, p. 226) accentuent l'importance de la distinction à établir entre le secteur d'origine et le secteur de destination de la recherche et du développement :

> Cheminant à travers une sorte de matrice entrées-sorties, l'invention prenait naissance dans des industries créatrices, riches en connaissance, pour être exploitée dans des industries à forte demande.

Sans répéter le contenu du chapitre 4, il est évident que la nouvelle méthode d'analyse de la croissance de la productivité industrielle et de l'évolution de la recherche et du développement est tout indiquée comme technique de repérage des incidences de flux interindustriels directs et indirects de technologie dans l'économie canadienne. Nos résultats empiriques portant sur le rapport entre la croissance de la productivité et la croissance de la recherche et du développement sont quelque peu décevants, probablement en raison de la qualité médiocre des données statistiques canadiennes actuellement disponibles sur la recherche et le développement. Pour la première fois, cependant, les résultats indiquent qu'au Canada, les dépenses internes au titre de la recherche et du développement peuvent avoir une incidence positive importante sur la croissance de la productivité industrielle (si on la mesure correctement). Il s'agit d'isoler et de capter les flux technologiques de recherche et de développement qui peuvent avoir un effet stimulateur direct ou indirect sur la croissance. Il convient de signaler que puisque nos mesures de croissance de la productivité sont compréhensives, c'est-à-dire qu'elles rendent compte de « tous » les facteurs de production en les transformant en leurs coûts de main-d'œuvre équivalents, il est significatif d'en arriver à la constatation que l'incidence de la recherche et du développement, comme facteur de production, conserve malgré tout une importance appréciable, indépendamment du problème de double comptage (voir l'analyse de Schankerman, 1981). De fait, nos travaux portant sur la recherche et le développement mettent en lumière la très grande importance de considérer le capital fixe

comme un facteur de production de type intermédiaire. Ce résultat n'est pas surprenant en soi puisque, depuis nombre d'années, dans les écrits théoriques, on considère l'investissement en capital fixe nouveau comme le principal véhicule de transmission des nouvelles technologies et des progrès de productivité qui y sont rattachés. Nos travaux empiriques portant sur les données canadiennes viennent maintenant confirmer cette conjecture. Il nous semble cependant n'avoir effleuré que la pointe de l'iceberg et que l'amélioration des données statistiques portant sur la recherche et le développement, comme d'ailleurs le perfectionnement de la méthode de base (voir les prochaines sections) permettront la mise à jour d'une foule d'éléments nouveaux. Pour le moment, aux fins de l'élaboration d'une ligne directrice en matière de politique économique canadienne, il paraît avantageux de conclure que les dépenses effectuées au Canada au titre de la recherche et du développement industriels peuvent avoir une incidence positive appréciable sur la croissance de la productivité industrielle canadienne, bien que le mécanisme précis du phénomène puisse être et soit probablement très indirect. Pour poursuivre plus à fond le travail dans ce domaine au Canada et déboucher sur des résultats importants, on doit intégrer à l'analyse l'ensemble de la matrice des échanges interindustriels de technologies issues de la recherche et du développement.

Avant d'aborder les questions relatives à la politique industrielle canadienne et des considérations connexes, il y a lieu de clarifier un dernier aspect. Le lecteur sera peut-être surpris d'apprendre que cet aspect concerne une limite explicite de la nouvelle méthode de calcul de la productivité. La méthode retenue dans la présente étude ne prend nullement en compte le phénomène des effets secondaires, ou retombées, et n'en fournit aucune estimation. Bien que le terme « retombées » puisse avoir plusieurs acceptions, dans le contexte de l'analyse de la productivité, il correspond à une situation où le changement technologique dans une industrie donnée entraîne des effets externes hors marché sur le changement technologique dans une autre industrie (voir l'explication donnée dans Griliches, 1979). Ce phénomène peut fort bien être important, mais il est très difficile à mesurer. Une lecture attentive de la nouvelle méthode de mesure de la productivité devrait nous permettre de constater que toutes les mesures se font en regard de transactions aux prix du marché observés ou imputés (selon certaines conventions statistiques). Plus précisément et compte tenu de l'exposé du chapitre 3, la composante des effets propres d'un secteur donné, qui traduit des variations de l'ensemble des coefficients technologiques qui lui sont propres, n'est pas modifiée par les changements technologiques qui se produisent dans un secteur en raison d'effets externes hors marché. Ainsi, préférons-nous ne considérer aucune des incidences interindustrielles de la recherche et du développement sur la croissance de la productivité, mentionnées dans le paragraphe qui précède, comme retombées de l'activité d'un secteur.

## Politique industrielle canadienne et questions connexes

Il n'est pas exact de supposer, comme on a eu l'habitude de le faire, qu'il n'existe aucune autre optique valable que celle d'expliquer la croissance de la productivité. Avec la méthode de rechange d'analyse de la productivité, on débouche sur des possibilités nouvelles qui n'étaient pas à la portée des méthodes classiques. Dans la présente section, nous examinons ce nouveau potentiel sous la rubrique générale de « politique industrielle », faute d'une expression plus appropriée.

Nous avons mentionné dans le chapitre 1 que la nouvelle méthode se distingue des mesures habituelles en ce sens qu'elle préconise une interprétation des tendances de la productivité qui est davantage axée sur le bien-être économique. Les raisons de ce choix sont désormais évidentes : tous les résultats de base sont exprimés en fonction de la production industrielle destinée à répondre à la demande finale. Sur le plan du bien-être économique, l'objectif ultime de toute politique canadienne en matière de productivité industrielle doit être celui d'accroître les productivités industrielles dans une optique de consommation finale (nous allons approfondir cette question plus loin). Or, il est vrai que tout changement technologique qui se transforme éventuellement en croissance de la productivité doit prendre naissance au niveau du secteur d'activité. C'est vraisemblablement ce qui explique la tradition bien établie des études de productivité axées sur l'industrie. Cependant, ces études, comme nous allons le voir, comportent leurs propres limites pour une raison fondamentale. Supposons, par exemple, que nous souhaitions accroître la croissance de la productivité globale du travail pour ce qui a trait à la consommation finale d'aliments et de boissons produits au pays. La consommation d'aliments est une composante importante de la demande finale et, partant, on lui attribue un poids non négligeable dans la détermination de l'indice des prix à la consommation; les variations (totales) de la productivité globale du travail qui portent sur la consommation finale d'aliments et de boissons de production intérieure auront une incidence marquée sur la montée des prix à la consommation (nous allons également revenir sur cette question plus loin). Dans le cadre d'une analyse axée sur le secteur d'activité, la recommandation

classique voudrait que, dans ce cas, des changements technologiques et des progrès sur le plan de la productivité soient nécessaires dans l'industrie canadienne des aliments et des boissons. Selon la nouvelle approche d'analyse de la productivité axée sur la demande finale, on reconnaît que cette recommandation ne représente qu'une possibilité. Nous pourrions tout aussi bien mettre l'accent sur des changements technologiques et des accroissements de la productivité dans l'agriculture ou dans les industries du transport et de l'entreposage. Pourquoi ? Parce que nous savons par l'analyse des effets d'amont et d'aval que ces deux secteurs peuvent avoir une grande incidence positive sur la croissance de la productivité globale du travail liée à la consommation finale d'aliments et de boissons. De fait, il ressort de notre analyse de la productivité de la période 1961-1976 que c'est principalement au secteur de l'agriculture qu'est attribuable le taux de croissance de la productivité globale du travail (3,9 %) du secteur des aliments et des boissons au cours de cette période (voir le tableau 3-1 et, en particulier, le tableau A-4 de l'appendice A). Qui plus est, les résultats de l'analyse par sous-période des tableaux 3-3, 3-4 et 3-5 révèlent que cette source particulière de gains de productivité est maintenant pratiquement tarie et que c'est désormais ailleurs que le Canada doit chercher ce genre de progrès en matière de productivité (voir également les résultats des tableaux du chapitre 5 qui portent sur la période d'observation la plus récente, 1973-1978).

Ainsi, la nouvelle optique d'analyse de la productivité axée sur le bien-être économique nous permet d'évaluer une gamme d'options possibles en vue d'atteindre un objectif donné en matière de productivité. Nous ne prétendons pas que la présente étude est la première à démontrer que des progrès technologiques en agriculture peuvent contribuer à contenir les prix à la consommation des aliments et des boissons ! Nous cherchons surtout à expliciter et à quantifier la nature précise de ce genre d'interdépendance industrielle dans le cadre de l'analyse de la productivité. On voit maintenant pourquoi les secteurs producteurs de biens intermédiaires (c'est-à-dire ceux dont la production est surtout acheminée vers la demande intermédiaire) peuvent faire l'objet d'une attention particulière dans le cadre de la présente étude. Considérons d'abord le cas d'un secteur dont le produit caractéristique est destiné presque entièrement à la demande finale (c'est-à-dire, une industrie de biens de consommation finale). L'évolution technologique de ce secteur peut avoir une incidence sur les niveaux de productivité uniquement par rapport au produit particulier qui lui est propre. Par contre, le secteur dont le produit caractéristique est entièrement destiné à la demande intermédiaire ne peut influer sur le niveau de productivité de son propre produit en tant que produit destiné à la demande finale, puisque ce produit n'est pas consommé au niveau de la demande finale ! Dans ce cas, les progrès technologiques réalisés à l'intérieur de ce secteur producteur de biens intermédiaires se manifestent, dans nos calculs, par leur contribution indirecte à l'accroissement des niveaux de productivité de composantes de la demande finale qui caractérisent d'autres secteurs (c'est-à-dire ceux auxquels le bien intermédiaire est fourni directement ou indirectement à titre de facteur de production industrielle). Cela suffit-il, toutefois, à conférer un genre de statut particulier aux secteurs producteurs de biens de type intermédiaire dans une perspective de bien-être économique ? Nous le pensons et l'exemple du paragraphe précédent le démontre. D'une façon plus générale, on peut décrire la situation comme suit.

Supposons que nous poursuivions l'objectif d'augmenter le bien-être économique. Dans une optique de productivité, supposons de plus qu'il soit nécessaire, pour atteindre cet objectif, d'accroître les niveaux de productivité de chacune des composantes importantes de la demande finale, sans exception (les composantes importantes, dans le cas du Canada, sont énumérées dans les tableaux 6-2 et 6-3). Pour l'essentiel, il convient alors de parler d'un cheminement vers une croissance équilibrée de la productivité, axé sur la demande finale[3]. L'existence d'industries productrices de biens intermédiaires nous fournit une série d'options en regard de l'objectif visé. Si, par exemple, l'ensemble des secteurs était complètement intégré verticalement, il n'existerait aucun choix : on ne pourrait atteindre l'objectif énoncé qu'en augmentant les niveaux de productivité de chaque secteur important, sans exception. Nous savons toutefois que les progrès technologiques réalisés à l'intérieur de tout secteur de production intermédiaire important ont des incidences positives sur la productivité qui couvrent une vaste gamme de secteurs producteurs de biens de consommation finale. En fait, ce phénomène de la dispersion de la croissance de la productivité a été largement mis en lumière dans le chapitre 3 (voir, en particulier, le tableau 3-7). Ainsi, le fait qu'il existe d'importants secteurs producteurs de biens intermédiaires et qu'il soit possible de stimuler le progrès technologique dans l'un ou l'autre de ces secteurs donne la possibilité de contourner les impasses susceptibles de bloquer l'évolution technologique dans certains secteurs producteurs de biens de consommation finale importants. (L'énoncé qui précède ne tient que dans la mesure où les secteurs producteurs de biens finals ne sont pas intégrés

verticalement et cette condition est certainement remplie dans le cas de toutes les industries du secteur commercial sur lesquelles porte la présente étude.) Une fois de plus, il suffit de toujours envisager la croissance de la productivité industrielle dans une perspective de consommation finale, ce qui correspond à notre objectif de bien-être économique. On peut reprocher à l'analyse classique de la croissance de la productivité, mis à part les problèmes de mesure dont il a été question dans la première section du présent chapitre, d'axer continuellement l'analyse sur les moyens (optique de la production) plutôt que sur les fins (optique de la consommation). Au cours du cheminement qui aboutit à cette distorsion, les moyens se trouvent assimilés aux fins et nous nous trouvons emprisonnés dans un carcan fort contraignant ! La méthode de rechange sur laquelle est fondée la présente étude est orientée directement vers les fins (l'objectif de bien-être économique, tel qu'il a été défini), ce qui laisse beaucoup plus de souplesse au niveau des moyens.

Cela dit, nous pouvons maintenant esquisser certaines des grandes lignes directrices de politique industrielle qui se dégagent de l'analyse de séries chronologiques. Il nous semble que l'étude met en lumière le rôle témoin assez particulier qu'ont joué à un moment donné deux secteurs d'activité canadiens, soit l'agriculture (n° 1 dans les tableaux) et les transports et l'entreposage (n° 29.) Ces deux secteurs destinent l'essentiel de leur production de biens et de services à la demande intermédiaire et ont tous deux connu des progrès technologiques considérables durant la période 1961-1976 (surtout de 1961 à 1971). Il en résulte que les effets (de productivité) des produits intermédiaires en aval des deux secteurs ont été d'une importance exceptionnelle et ont surpassé ceux de l'ensemble des autres secteurs (voir la description plus détaillée du chapitre 3 et la décomposition des effets en aval des secteurs dans le tableau A-3 de l'appendice A). Plus important encore, de puissants effets de liaison unissent les deux secteurs aux principales composantes de la demande finale situées en aval (voir le tableau 6-2 et également la matrice complète des effets d'amont et d'aval du tableau A-4). En regard des objectifs de bien-être économique déjà énoncés, tout cela signifie que ces deux secteurs canadiens ont assuré, durant la période témoin, le maintien d'une croissance de la productivité relativement équilibrée par rapport à des composantes importantes de la demande finale[4]. Telle a été la situation, jusqu'au début des années 70 tout au moins. Il ressort nettement de l'analyse de productivité du chapitre 5 portant sur la période d'observation la plus récente, celle de 1973-1978, que la « lune de miel » est terminée (voir, en particulier, les tableaux 5-5 et 5-7). Notre propos n'est pas de spéculer sur les perspectives d'une renaissance du progrès technologique dans l'agriculture et dans les transports et l'entreposage à un rythme comparable à celui qui a caractérisé la période témoin. Certains résultats concrets laissent cependant croire que l'importance relative des deux secteurs a décliné, c'est-à-dire que leurs effets de liaison en aval par rapport aux composantes critiques de la consommation finale n'ont plus la même importance. Il semble donc que le Canada doit chercher ailleurs les éléments moteurs de la relance d'une croissance de la productivité relativement équilibrée. De fait, nous sommes à la recherche d'une nouvelle optique, par rapport à la règle habituelle : le Canada doit apprendre à stimuler la croissance de la productivité dans les secteurs importants (tous ou la plupart d'entre eux), même si (certains de) ces secteurs peuvent comporter des goulots d'étranglement sur le plan du progrès technologique.

D'après les résultats des calculs de projection du chapitre 3 (tableau 3-7) et, en particulier, de l'analyse de la dernière section du chapitre 5 (tableau 5-7), il semble, à notre avis, qu'il existe au Canada trois secteurs d'activité qui pourraient exercer à l'avenir, sur le plan de la productivité, un rôle comparable à celui qu'ont joué l'agriculture et les transports durant la période témoin. L'un d'entre eux, soit le secteur des communications (n° 30), joue déjà un rôle de stimulation d'une croissance équilibrée de la productivité. Tout indique que l'industrie des communications est un secteur de services intermédiaires en croissance rapide qui connaît également de grands progrès technologiques, dont les répercussions sur la croissance de la productivité touchent toutes les composantes importantes de la consommation finale. Pour effectuer une analyse plus précise, il est nécessaire de raffiner la désagrégation de ce secteur et cela sera rendu possible par la nouvelle classification type des industries canadiennes de 1980. Les preuves à l'appui sont moins fortes dans le cas des deux autres secteurs, soit celui des finances, des assurances et des affaires immobilières (n° 34) et celui des services fournis aux entreprises (n° 37). De fait, à l'heure actuelle, la participation nette de ces deux secteurs à la croissance agrégée de la productivité canadienne est négative, selon les données officielles. Néanmoins, il existe certainement un potentiel de stimulation d'une croissance équilibrée de la productivité par rapport à la consommation finale. Nombre d'industries canadiennes importantes (de toutes catégories) confient maintenant à d'autres le soin de leur fournir les services financiers et les services à l'entreprise qu'elles se donnaient elles-mêmes auparavant. Durant une période où les taux d'inflation sont relativement élevés, ce genre de services intermédiaires est encore plus nécessaire sur

le plan de la production (on y reviendra dans la prochaine section). Puisque ces tendances à la substitution et à l'inflation chronique se dessinent assez nettement, tout progrès technologique dans ces deux secteurs devient exceptionnellement rentable en regard de l'objectif de croissance équilibrée de la productivité. Une fois de plus, on ne peut dégager des lignes directrices plus précises sans raffiner davantage la désagrégation industrielle, particulièrement pour ce qui a trait aux éléments constituants des services fournis aux entreprises que sont les services de logiciel et les services de location de matériel informatique. Il y aurait sans doute lieu d'examiner alors l'hypothèse avancée par l'Organisation de coopération et de développement économiques (1981) voulant que l'informatisation industrielle accélérée puisse entraîner, dans les premiers stades, un déclin de la croissance agrégée de la productivité. Dans cette ligne de pensée, on parle d'un phénomène, celui d'une informatisation dont le déploiement initial est plutôt additif que substitutif et qui touche non seulement le Canada mais nombre d'autres pays industrialisés. Il n'est toutefois pas impossible que ce stade initial caractéristique soit maintenant (1982) dépassé et que l'on assiste à l'avenir à un redressement de la croissance de la productivité attribuable à l'informatisation.

L'analyse débouche sur d'autres lignes directrices en matière de politique industrielle. Certaines d'entre elles sont intimement liées aux propositions d'orientation d'avenir de la recherche et il convient donc d'en discuter dans le cadre de la prochaine section.

## Orientations futures de la recherche

Dans le cadre de la nouvelle optique d'analyse, il existe diverses orientations possibles pour la recherche future en matière de productivité. Tout en esquissant certaines de ces orientations, nous tenons à souligner que la présente étude est plus qu'un prélude à une recherche ultérieure. À notre avis, les résultats *déjà* obtenus sont suffisamment concrets et significatifs sur le plan économique pour être reconnus valables. Il n'en reste pas moins que les résultats empiriques peuvent être raffinés et améliorés de diverses façons. Dans la description qui suit, nous ne faisons qu'esquisser les raffinements proposés.

La première orientation se rapporte à une observation déjà faite dans le présent chapitre. Nous avons insisté sur le caractère global de notre nouvelle méthode d'analyse de la productivité : les facteurs de production industrielle sont tous ramenés à un dénominateur commun, leur équivalent en main-d'œuvre, de sorte que nous pouvons affirmer sans ambiguïté que toute croissance de la productivité correspond en dernière analyse à une évolution technologique qui va dans le sens d'une économie de main-d'œuvre. Cet énoncé correspond assurément à l'objectif de notre démarche, mais cet objectif n'a pas été atteint sur le plan des estimations de la productivité fournies jusqu'à maintenant dans la présente étude. La principale discordance se révèle au niveau de la manière dont nous tenons compte de l'utilisation du capital fixe comme facteur de production; seul le capital fixe de remplacement (la dépréciation) a été pris en compte de façon adéquate. Il reste à intégrer à l'analyse le capital fixe net dont disposent déjà chaque secteur d'activité et les services qui y sont associés. (C'est pour cette raison précise que les équations de régression du chapitre 4 portant sur la recherche et le développement contenaient une variable représentant la croissance du capital fixe net). Or, heureusement, la contribution de ce facteur de production peut elle aussi être transformée en équivalent de main-d'œuvre, si l'on dispose des données statistiques nécessaires. Il suffit alors de dissocier en deux éléments l'apport productif du capital fixe brut : 1/ la dépréciation et les dépenses de remplacement, et 2/ les paiements d'intérêt (sur fonds empruntés) et de dividendes (sur fonds propres) tirés du surplus d'exploitation du compte de production. Ces deux éléments réunis représentent le coût (d'option) brut théorique de location du capital fixe, si ce capital était loué[5]. Le premier élément a déjà été incorporé à nos calculs de productivité. On peut également intégrer le deuxième élément (et, par conséquent, le transformer en équivalent en main-d'œuvre) en appliquant une technique analogue, mais non pas identique, à celle qui a été appliquée au premier élément. La technique accorde implicitement beaucoup plus d'importance à la composante construction du capital fixe qu'au premier élément, où la pondération (en équivalents de main-d'œuvre) touche surtout les composantes du matériel et de l'outillage. Une méthode de traitement de ce problème est proposée dans la dernière section de l'appendice A.

Soulignons que l'idée de considérer le capital fixe comme produit de consommation intermédiaire et non pas comme facteur primaire et originaire de production est souvent associée au nom de Sir Roy Harrod. À notre avis, il importe de garder à l'esprit cette notion afin d'éviter, dans l'étude de la productivité, la confusion qui découle des hypothèses néoclassiques selon lesquelles le capital fixe est considéré comme un facteur de production primaire. (Voir également les commentaires de Peterson, 1979 et de Rymes, 1382.) De fait, selon une méthode de traitement intégré de la comptabilité nationale proposée très récemment, la location du capital fixe et les versements d'intérêts liés au capital fixe doivent être

Tableau 6-1

Niveau et taux de croissance annuel moyen de la productivité globale du travail, selon une méthode raffinée, 40 secteurs d'activité, 1973-1978

| | Niveau | | Taux de croissance 1973-1978 |
|---|---|---|---|
| | 1973 | 1978 | |
| | (en dollars*) | | (en %) |
| 1 Agriculture | 6 564 | 6 458 | -0,3 |
| 2 Forêts | 10 910 | 10 888 | -0,0 |
| 3 Pêche et chasse | 5 748 | 6 417 | 2,2 |
| 4 Mines métalliques | 13 640 | 12 417 | -1,9 |
| 5 Combustibles minéraux | 18 252 | 12 894 | -6,7 |
| 6 Mines non métalliques | 13 507 | 12 403 | -1,7 |
| 7 Services miniers | 10 883 | 11 789 | 1,6 |
| 8 Industries des aliments et des boissons | 9 275 | 9 244 | -0,1 |
| 9 Industrie du tabac | 10 612 | 10 820 | 0,4 |
| 10 Caoutchouc et produits en matière plastique | 11 866 | 12 428 | 0,9 |
| 11 Industrie du cuir | 8 209 | 9 574 | 3,1 |
| 12 Industrie textile | 10 410 | 11 837 | 2,6 |
| 13 Bonneterie | 9 385 | 11 886 | 4,8 |
| 14 Industrie du vêtement | 8 270 | 9 768 | 3,4 |
| 15 Industrie du bois | 9 444 | 9 977 | 1,1 |
| 16 Industrie du meuble et des articles d'ameublement | 9 817 | 9 997 | 0,4 |
| 17 Industrie du papier et activités connexes | 11 210 | 11 286 | 0,1 |
| 18 Imprimerie, édition | 10 825 | 11 952 | 2,0 |
| 19 Première transformation des métaux | 12 304 | 11 520 | -1,3 |
| 20 Fabrication de produits en métal | 11 640 | 11 563 | -0,1 |
| 21 Fabrication de machines | 11 729 | 12 926 | 2,0 |
| 22 Fabrication de matériel de transport | 12 876 | 13 742 | 1,3 |
| 23 Fabrication de produits électriques | 11 856 | 12 879 | 1,6 |
| 24 Fabrication de produits non métalliques | 12 499 | 12 568 | 0,1 |
| 25 Fabrication de produits du pétrole et du charbon | 13 624 | 12 627 | -1,5 |
| 26 Industrie chimique | 12 530 | 12 993 | 0,7 |
| 27 Industries manufacturières diverses | 10 599 | 11 400 | 1,5 |
| 28 Construction | 12 083 | 11 772 | -0,5 |
| 29 Transports et entreposage | 11 871 | 11 555 | -0,5 |
| 30 Communications | 9 342 | 12 438 | 5,9 |
| 31 Électricité et gaz | 12 971 | 12 455 | -0,8 |
| 32 Commerce de gros | 11 432 | 11 224 | -0,4 |
| 33 Commerce de détail | 7 370 | 7 382 | 0,0 |
| 34 Finances, assurances et affaires immobilières | 16 304 | 15 821 | -0,6 |
| 35 Enseignement et services médicaux | 16 918 | 16 103 | -1,0 |
| 36 Services de divertissement et loisirs | 7 902 | 9 277 | 3,3 |
| 37 Services fournis aux entreprises | 10 394 | 9 800 | -1,2 |
| 38 Hébergement et restauration | 7 786 | 7 955 | 0,4 |
| 39 Autres services personnels | 5 538 | 5 225 | -1,2 |
| 40 Commerce international | 12 269 | 12 334 | 0,1 |

*En dollars constants de 1971.
SOURCE D'après des données de Statistique Canada.

traites de façon symétrique comme achats intermédiaires dans les comptes de production du secteur des entreprises (voir Ruggles et Ruggles, 1982). L'esprit de cette méthode s'apparente à celui de notre méthode élargie, bien que, dans les travaux de recherche futurs, d'autres modifications devront être apportées à notre méthodologie afin de l'adapter aux contraintes de la comptabilité nationale.

Le tableau 6-1 contient des estimations de niveaux et de taux de croissance de la productivité industrielle, pour la période 1973-1978, fondées sur les calculs de la productivité globale du travail, mais qui, cette fois-ci, incorporent la caractéristique supplémentaire décrite dans le paragraphe qui précède. On doit comparer les calculs du présent tableau à ceux du tableau 5-1. Manifestement, les niveaux de la productivité globale du travail de tous les secteurs d'activité sont plus faibles dans le nouveau tableau que les niveaux correspondants du tableau 5-1 puisque les nouveaux calculs tiennent compte de l'équivalent en main-d'œuvre d'un coût supplémentaire qui touche les produits destinés à la demande finale de chaque secteur. Les deux secteurs les plus touchés sont ceux des communications (n° 30) et de l'électricité et du gaz (n° 31); les coûts supplémen-

Tableau 6-2

**Distribution réelle des coefficients de pondération de la demande finale, 40 secteurs d'activité, 1961 et 1976**

En pourcentage

| | Pondération de 1961 | Pondération de 1976 |
|---|---|---|
| 1 Agriculture | 0,8 | 0,8 |
| 2 Forêts | 0,2 | 0,0 |
| 3 Pêche et chasse | 0,0 | 0,0 |
| 4 Mines métalliques | 0,2 | 0,1 |
| 5 Combustibles minéraux | 0,1 | 0,0 |
| 6 Mines non métalliques | 0,1 | 0,0 |
| 7 Services miniers | 0,3 | 0,0 |
| 8 Industries des aliments et des boissons | 11,0 | 7,8 |
| 9 Industrie du tabac | 0,8 | 0,5 |
| 10 Caoutchouc et produits en matière plastique | 0,4 | 0,5 |
| 11 Industrie du cuir | 0,7 | 0,4 |
| 12 Industrie textile | 0,5 | 0,7 |
| 13 Bonneterie | 0,5 | 0,4 |
| 14 Industrie du vêtement | 2,5 | 1,9 |
| 15 Industrie du bois | 0,0 | 0,0 |
| 16 Industrie du meuble et des articles d'ameublement | 0,9 | 0,8 |
| 17 Industrie du papier et activités connexes | 0,3 | 0,1 |
| 18 Imprimerie, édition | 1,1 | 1,1 |
| 19 Première transformation des métaux | 0,0 | 0,0 |
| 20 Fabrication de produits en métal | 0,8 | 0,9 |
| 21 Fabrication de machines | 0,0 | 0,3 |
| 22 Fabrication de matériel de transport | 2,4 | 1,4 |
| 23 Fabrication de produits électriques | 1,3 | 1,6 |
| 24 Fabrication de produits non métalliques | 0,2 | 0,1 |
| 25 Fabrication de produits du pétrole et du charbon | 1,7 | 1,5 |
| 26 Industrie chimique | 1,2 | 1,0 |
| 27 Industries manufacturières diverses | 0,8 | 0,9 |
| 28 Construction | 20,8 | 18,5 |
| 29 Transports et entreposage | 3,2 | 3,5 |
| 30 Communications | 1,4 | 2,7 |
| 31 Électricité et gaz | 1,6 | 2,3 |
| 32 Commerce de gros | 3,0 | 3,7 |
| 33 Commerce de détail | 12,2 | 11,7 |
| 34 Finances, assurances et affaires immobilières | 9,8 | 10,9 |
| 35 Enseignement et services médicaux | 3,0 | 3,2 |
| 36 Services de divertissement et loisirs | 0,9 | 1,3 |
| 37 Services fournis aux entreprises | 1,2 | 2,0 |
| 38 Hébergement et restauration | 5,8 | 5,3 |
| 39 Autres services personnels | 1,5 | 0,9 |
| 40 Commerce international | 6,4 | 11,7 |
| Total | 100,0 | 100,0 |

SOURCE D'après des données de Statistique Canada

taires de main-d'œuvre n'ont pas une incidence uniforme d'un secteur à l'autre. Ce nouvel élément n'a cependant que peu d'effet sur les estimations des taux de croissance de la productivité. Les résultats du tableau 6-1 doivent être considérés comme expérimentaux puisque la base existante de données statistiques sur laquelle est fondé ce genre de calculs est incomplète (les hypothèses statistiques sont fournies dans l'appendice A). Cet élargissement de la méthode ouvre donc un premier champ de recherches futures. Il est à souhaiter que les chercheurs puissent disposer bientôt de données plus complètes, y compris les données matricielles portant sur les stocks, qui leur permettront d'effectuer, à intervalles réguliers, des calculs analogues à ceux du tableau 6-1[6].

La nécessité de définir l'importance relative des composantes industrielles de la demande finale fournit un deuxième champ d'investigation. Il s'agit évidemment d'un sujet important dans le cadre d'une méthode dont l'objectif explicite est le bien-être économique. De plus, comme nous l'avons expliqué et démontré dans le chapitre 2, on obtient des niveaux et des taux de croissance structurés de la productivité agrégée (secteur des entreprises) en ayant recours aux coefficients de pondération des composantes de la demande finale pour agréger des niveaux de productivité désagrégés par secteur d'activité. Il n'est probablement donc pas sans intérêt de fournir explicitement ces coefficients et c'est pourquoi ils sont ventilés dans le tableau 6-2 pour les deux années comparables, soit 1961 et 1976. À première vue, il se peut que ces coefficients de pondération de la demande finale paraissent plutôt étranges, sinon bizarres. Il s'impose cependant de rappeler que, dans le cadre de la présente étude, la demande finale comprend les éléments suivants : dépenses personnelles de consommation[7], formation nette de capital fixe des entreprises et dépenses nettes totales du secteur public (la définition comprend également une balance du commerce international pondérée en fonction de la structure des exportations, mais cette expression a normalement une valeur très faible; voir l'appendice A)[8]. Les exportations canadiennes et l'ensemble des importations intermédiaires sont donc essentiellement endogènes et exclues de la demande finale; il en va de même des dépenses de remplacement du capital fixe. Fait à remarquer, les dépenses du secteur public sont des dépenses *nettes* par rapport aux revenus de l'État provenant de la vente de produits (on examinera cette question plus en détail). Ce qui importe le plus, c'est que toutes les composantes de la demande finale des 39 secteurs d'activité utilisés se rapportent à la production intérieure. Toutes les importations canadiennes qui satisfont à la demande

finale sont agrégées et exprimées comme élément de la demande finale liée au secteur du commerce international (n° 40). Les résultats sont donc fort différents selon que la demande de textiles, par exemple, soit satisfaite par le biais de la production intérieure du secteur des textiles (n° 12) ou par le biais des importations, c'est-à-dire par le biais du secteur du commerce international (n° 40). Il n'est donc pas surprenant que la pondération directe des secteurs producteurs de biens intermédiaires, y compris les industries canadiennes exportatrices, soit si faible par rapport à la demande finale. On comprend également mieux maintenant pourquoi le commerce international a pris de plus en plus d'importance comme composante de la demande finale, en raison surtout de la tendance à l'accroissement de la part des importations dans la demande canadienne totale de biens et de services de consommation intérieure.

Nous constatons d'après le tableau 6-2 que la demande finale, telle qu'elle a été définie, est concentrée essentiellement dans un petit nombre de secteurs : ceux des aliments et des boissons (n° 8), de la construction, y compris la construction d'entretien (n° 28), du commerce de détail (n° 33), des finances, des assurances et des affaires immobilières (n° 34), de l'hébergement et de la restauration (n° 38) et du commerce international (n° 40). Pour ce qui a trait à l'orientation des efforts de recherche, cette analyse donne lieu à deux commentaires.

Premièrement, il semble que la désagrégation par catégorie industrielle utilisée dans le cadre de la présente étude ne soit pas tout à fait appropriée. En effet, la classification retenue paraît axée davantage sur la production que sur la consommation ! Par conséquent, toute recherche ultérieure où la nouvelle méthode d'analyse de la productivité sera appliquée doit viser à raffiner davantage la désagrégation des composantes importantes de la demande finale. (La désagrégation du secteur des finances, des assurances et des affaires immobilières est particulièrement souhaitable.) Cela est certainement faisable sur le plan statistique, sauf, peut-être, dans le cas du commerce de détail. Même le secteur du commerce international peut être désagrégé en appliquant une procédure définie dans l'appendice A. Pour le Canada, la désagrégation suivante est proposée : commerce entre le Canada et les États-Unis (à l'exclusion du pacte de l'automobile), commerce entre le Canada et les États-Unis résultant du pacte de l'automobile et commerce entre le Canada et le reste du monde.

Deuxièmement, l'importance des dépenses totales nettes du secteur public par rapport à la demande finale doit être explicitée. En réduisant les recettes du secteur public de la valeur des ventes de biens et de services, comme on l'a mentionné précédemment, on réduit « anormalement » la taille de certaines composantes de services de la demande finale qui pourraient avoir une importance plus considérable : cela est particulièrement vrai des secteurs de l'enseignement et des services médicaux (n° 35) et des autres services personnels (n° 39). Il paraît donc souhaitable, dans le cadre de recherches futures, de créer un secteur distinct des services fournis par l'État, pour lequel les profils de dépenses publiques brutes d'exploitation et d'immobilisation serviraient de facteurs de production intermédiaires. Les services fournis par l'État seraient répartis aux autres secteurs (demande intermédiaire) et à la demande finale en fonction de coefficients estimatifs de production du secteur public (le rapport entre les recettes de l'État et la demande canadienne totale de consommation intérieure et étrangère). De fait, on traite le nouveau secteur à peu près de la même manière qu'on a traité celui du commerce international, sauf 1/ que la production de l'État n'est pas fictive et doit faire appel à la main-d'œuvre directe comme facteur de production et 2/ qu'une partie seulement des dépenses brutes de l'État est rendue endogène, soit celle qui est annulée par les recettes (de production) de l'État qui correspondent à la vente de biens et de services. Comme les autres, cette procédure est tout à fait applicable, bien qu'il manque encore certains éléments d'information secondaires (que l'on pourrait obtenir par approximation). L'application de cette procédure n'aurait qu'une incidence très minime sur les résultats de productivité industrielle de la présente étude puisque la plupart des services de l'État sont fournis en réponse à la demande finale. Certains changements seraient cependant à prévoir dans les taux estimatifs de croissance agrégée de la productivité au Canada. Quoi qu'il en soit, les coefficients de pondération des composantes de la demande finale correspondraient beaucoup mieux à « la réalité »[9].

Tableau 6-3

Distribution des coefficients de pondération de la demande finale après transformation (en équivalents de main-d'œuvre), 40 secteurs d'activité, 1961 et 1976

En pourcentage

| | Pondération de 1961 | Pondération de 1976 |
|---|---|---|
| 1 Agriculture | 1,6 | 1,3 |
| 2 Forêts | 0,2 | 0,0 |
| 3 Pêche et chasse | 0,0 | 0,0 |
| 4 Mines métalliques | 0,1 | 0,0 |
| 5 Combustibles minéraux | 0,0 | 0,0 |
| 6 Mines non métalliques | 0,0 | 0,0 |

Tableau 6-3 (fin)

| | Ponderation de 1961 | Ponderation de 1976 |
|---|---|---|
| 7 Services miniers | 0,2 | 0,0 |
| 8 Industries des aliments et des boissons | 15,1 | 9,0 |
| 9 Industrie du tabac | 0,9 | 0,5 |
| 10 Caoutchouc et produits en matière plastique | 0,5 | 0,4 |
| 11 Industrie du cuir | 1,0 | 0,5 |
| 12 Industrie textile | 0,7 | 0,7 |
| 13 Bonneterie | 0,7 | 0,4 |
| 14 Industrie du vêtement | 3,3 | 2,3 |
| 15 Industrie du bois | 0,0 | 0,0 |
| 16 Industrie du meuble et des articles d'ameublement | 1,0 | 0,9 |
| 17 Industrie du papier et activités connexes | 0,3 | 0,2 |
| 18 Imprimerie, édition | 1,0 | 1,1 |
| 19 Première transformation des métaux | 0,0 | 0,0 |
| 20 Fabrication de produits en metal | 0,8 | 0,8 |
| 21 Fabrication de machines | 0,0 | 0,3 |
| 22 Fabrication de materiel de transport | 2,4 | 1,1 |
| 23 Fabrication de produits électriques | 1,3 | 1,5 |
| 24 Fabrication de produits non métalliques | 0,2 | 0,1 |
| 25 Fabrication de produits du petrole et du charbon | 1,3 | 1,2 |
| 26 Industrie chimique | 1,1 | 0,9 |
| 27 Industries manufacturières diverses | 0,9 | 0,9 |
| 28 Construction | 17,8 | 16,4 |
| 29 Transports et entreposage | 3,3 | 3,1 |
| 30 Communications | 1,6 | 2,4 |
| 31 Électricité et gaz | 1,0 | 1,5 |
| 32 Commerce de gros | 2,7 | 3,3 |
| 33 Commerce de detail | 16,7 | 17,1 |
| 34 Finances, assurances et affaires immobilières | 4,3 | 7,2 |
| 35 Enseignement et services médicaux | 1,7 | 2,3 |
| 36 Services de divertissement et loisirs | 0,9 | 1,6 |
| 37 Services fournis aux entreprises | 0,9 | 2,0 |
| 38 Hebergement et restauration | 5,8 | 7,9 |
| 39 Autres services personnels | 1,7 | 2,0 |
| 40 Commerce international | 6,4 | 9,8 |
| Total | 100,0 | 100,0 |

SOURCE D'après des données de Statistique Canada, les tableaux 2-1 et 6-2, et une méthode expliquée au chapitre 2

En combinant les tableaux 6-1 et 6-2[10], on peut facilement arriver, par inférence, à proposer une ligne directrice supplémentaire de la politique industrielle. Comme nous le savons, toute variation de la composition de la demande finale peut avoir une incidence sur les niveaux et les taux agregés de croissance de la productivité. Dans le chapitre 3, certains de nos calculs fondés sur des données chronologiques allaient dans le même sens. Supposons d'abord que la politique industrielle du gouvernement puisse avoir une incidence sur la composition de tout accroissement de la demande finale. Si tel est le cas et que notre objectif est d'accroître les niveaux agrégés de la productivité et, par le fait même les taux agrégés de croissance, cette politique doit privilégier la stimulation de composantes industrielles de la demande finale où les niveaux de la productivité globale du travail sont relativement élevés. Inversement, la politique doit être conçue de telle sorte qu'elle évite de stimuler des composantes de la demande finale dont les niveaux de la productivité globale du travail sont relativement faibles[11]. Cette application de la nouvelle méthode, si simple soit-elle, fait ressortir le net avantage d'une technique de calcul de la productivité industrielle qui produit des niveaux et des taux de croissance non ambigus et significatifs sur le plan de l'analyse économique. À l'examen du tableau 6-1, on sera peut-être étonné de constater que, pour l'année 1978, c'est le secteur de l'enseignement et des services médicaux (n° 35) qui affiche le niveau le plus élevé de productivité globale du travail, suivi de très près par le secteur des finances, assurances et affaires immobilières (n° 34). Le niveau de la productivité globale du travail du secteur du commerce international (n° 40), qui représente, en fin de compte, les niveaux de la productivité globale du travail des industries canadiennes exportatrices, est supérieur à la moyenne. Par contre, on doit y penser deux fois avant de supposer que des marges bénéficiaires relativement importantes au niveau du commerce de détail suffisent à stimuler la demande finale, compte tenu du faible niveau de la productivité globale du travail du secteur du commerce de détail (n° 33). Avec le secteur des autres services personnels (n° 39), on atteint vraiment le creux de la vague en termes de croissance de la productivité du travail[12].

On parle rarement d'analyse de la croissance de la productivité sans aborder la question de l'intégration à l'analyse de biens, de services et de secteurs d'activité entièrement nouveaux. Officiellement, cela ne pose pas de problème statistique dans le cadre de notre étude puisque la base de classification des données de Statistique Canada est tout à fait comparable pour l'ensemble de la période 1961-1978. On pourrait donc soutenir que la solution « aux problèmes » liés à la nécessité de tenir compte de biens et de services nouveaux ou améliorés, consiste tout simplement à pousser plus loin, voire à l'extrême, la désagrégation ! À notre avis, cette « solution » est inacceptable puisqu'il nous semble que la comparabilité parfaite du système de Statistique Canada est, en partie, illusoire. Nous espérons certes que, une fois adopté le nouveau système révisé de classification industrielle type de 1980, la classification des

entrées-sorties et la base de données des années 80 ne seront pas comparables à celles des années 60 et 70. Comment, alors, analyser les séries chronologiques de croissance de la productivité ? La solution adéquate à ce problème d'importance réside dans l'application de la procédure d'inversion double de Leontief, exposée dans Leontief (1967) et décrite plus à fond dans Postner (1982, pp. 236-237). Nous nous empressons de souligner que cette procédure s'adapte de façon très cohérente à la nouvelle méthode d'analyse de la productivité. C'est donc dire que les problèmes réels que posent l'évolution rapide de la technologie et la présence d'industries de biens et de services entièrement nouveaux n'ont rien d'insurmontable dans le cadre de la méthode d'analyse de la productivité sur laquelle est fondée la présente étude. De fait, il existe une entière cohérence entre notre technique et la solution de ces problèmes. Les mesures classiques de la productivité, il va sans dire, ne possèdent pas cette propriété.

La dernière orientation que nous proposons a trait à une question complexe et actuelle, celle de l'interaction inflation-productivité. Il est de plus en plus évident qu'il existe, au plan global, une interaction rétroactive complète entre l'inflation et la croissance de la productivité (voir Jarrett et Selody, 1982 et P. Clark, 1982). Cette question ne peut être clarifiée ni résolue sans une désagrégation plus avancée de l'analyse. Après tout, les arguments, jusqu'ici théoriques et anecdotiques, qui définissent cette interaction procèdent de la désagrégation par secteur. Il n'y a pourtant eu, jusqu'à maintenant, aucune analyse quantitative des divers mécanismes économiques particuliers par le biais desquels une accélération de l'inflation, ou même une persistance de l'inflation, est censée réduire la croissance de la productivité. Dans la dernière section du chapitre 5, nous avons fourni certains résultats statistiques dont l'interprétation pourrait laisser entendre que l'on a mis le doigt sur l'un des symptômes de cette sorte de contagion interactive entre l'inflation et la productivité au Canada durant la période de stagnation de la productivité, soit de 1973 à 1978. Ces résultats sont loin d'être concluants ou même satisfaisants. Dans leurs grandes lignes, les problèmes sont à peu près les suivants : 1/ quel rapport existe-t-il entre une fixation presque maladive sur les soldes de trésorerie et la gestion de la dette et la croissance de la productivité observée ?, 2/ quelle est l'incidence du raccourcissement des périodes de planification et de la fréquence accrue des renégociations financières sur les niveaux observés de productivité ?, 3/ peut-on intégrer les stocks et le fonds de roulement au calcul de la productivité ?, et 4/ quel rapport existe-t-il entre les innovations d'ordre purement financier et les changements technologiques au niveau de la production ? Pour jeter un éclairage nouveau sur des problèmes de ce genre, il s'impose de sortir du cadre habituel de la comptabilité de production et de consommation pour intégrer à l'analyse les transactions au compte des recettes et des dépenses et du capital financier. Cette progression ne peut que déboucher sur une compréhension plus approfondie si les séries comptables de production (consommation) sont pleinement intégrées aux séries comptables financières à un niveau adéquat de désagrégation par secteur d'activité. De graves problèmes d'ordre statistique entravent l'intégration complète. Néanmoins, l'application de la nouvelle méthode d'analyse de la productivité constitue déjà un pas dans la bonne direction puisque la base de données ainsi créée est l'un des ingrédients clés d'une analyse intégrée dans le vrai sens du mot.

# Appendices

# A Le raisonnement mathématique

Nous présentons dans cet appendice les modèles et les démonstrations mathématiques sur lesquels repose la présente étude. Comme les développements présentés sont complets en eux-mêmes, certains lecteurs préféreront peut-être consulter l'appendice avant de lire le texte principal. Nous avons toutefois pris pour acquis que le lecteur connaît déjà le système d'analyse interindustrielle utilisé au Canada (une bonne explication de ce système est présentée dans une publication de Statistique Canada, 1969). Le système canadien des entrées-sorties est en fait très semblable au système des comptes nationaux des Nations Unies (1968), comme l'est également la version la plus récente du système des entrées-sorties utilisé aux États-Unis (ce système est décrit en détail dans Ritz, 1980). En plus d'étayer et de démontrer certains énoncés du texte principal, cet appendice décrit des aspects complexes de l'analyse de la croissance de la productivité qui n'ont pas jusqu'ici été abordés explicitement (bien que certains arguments résumés dans la conclusion soient fondés sur quelques-uns de ces aspects). Il nous a également semblé approprié d'illustrer les points complexes de cet appendice à l'aide de tableaux. Enfin, nous examinons brièvement les orientations qu'on pourrait donner aux recherches futures sur l'analyse de la productivité, compte tenu des résultats que nous avons obtenus.

## Le modèle de base des entrées-sorties

Présentons d'abord le modèle de base sur lequel fait fond notre nouvelle méthode d'estimation de la productivité. Nous avons préféré le définir sous une forme relativement simple pour éviter de faire subir au lecteur un « déluge » de symboles. Plus loin dans l'analyse, nous examinerons comment il est possible, au besoin, de le raffiner. Le modèle de base se compose donc des six équations suivantes :

(A.1) $g = Dq$

(A.2) $q + m = Bg + Cg + e + x$

(A.3) $n = Ng + f$

(A.4) $m = \hat{\mu}(q + m - x)$

(A.5) $x = a(i'x)$

(A.6) $i'x = i'm + i^{*}n + \beta$

L'équation (A.1) représente la transformation de $q$, le vecteur des productions intérieures de produits concurrentiels, en $g$, le vecteur des productions industrielles intérieures brutes, au moyen de $D$, la matrice rectangulaire des coefficients de production. L'équation (A.2) stipule que l'offre totale de produits concurrentiels (la somme du vecteur des productions intérieures de produits $q$ et du vecteur des importations de produits concurrentiels $m$) est égale à la demande totale de ces produits (la somme du vecteur de la demande courante de facteurs intermédiaires $Bg$, calculé à l'aide de la matrice rectangulaire des coefficients des entrées intermédiaires $B$, du vecteur de la demande de produits pour le remplacement du capital fixe $Cg$, calculé à l'aide de la matrice des coefficients de remplacement du capital fixe $C$, du vecteur de la demande intérieure finale totale $e$, et du vecteur des exportations de produits concurrentiels $x$). L'équation (A.3) porte sur les produits non concurrentiels, qui sont tous importés; le vecteur de l'offre totale d'importations de produits non concurrentiels $n$ est égal à la demande totale de produits non concurrentiels (la sommation de la demande courante de facteurs intermédiaires, le vecteur $Ng$,

calcule a l'aide de la matrice des coefficients des entrees intermediaires $N$, et de la demande interieure finale des produits non concurrentiels, le vecteur $f$). L'equation (A.4) exprime la relation entre les importations de produits concurrentiels, $m$, et la demande interieure totale (le vecteur $q + m - x$), au moyen d'une matrice diagonale des coefficients des importations de produits concurrentiels $\hat{\mu}$. L'equation (A.5) reformule simplement le vecteur $x$ des exportations totales en un vecteur $a$ des coefficients de la structure des exportations (vecteur dont la somme des elements est l'unite) multiplie par le total de toutes les exportations, $i'x$. La formule (A.6) est l'equation de la balance commerciale; le total des exportations est egal au total des importations de produits concurrentiels, plus le total des exportations de produits non concurrentiels et un scalaire de la balance commerciale $\beta$. On distingue les differentes dimensions des deux vecteurs d'importations $m$ et $n$ par les vecteurs lignes $i'$ et $i^{\circ\prime}$, utilises comme symbole de sommation.

Bien que ce modele puisse être applique de diverses façons, nous cherchons avant tout, pour les besoins de la presente etude, a obtenir une solution pour le vecteur $g$ des productions industrielles interieures brutes et le total des importations, $i'm + i^{\circ\prime}n$, en fonction des vecteurs exogenes $e$ et $f$, et du scalaire $\beta$ de la balance commerciale. La methode de calcul est la suivante. Si l'on regroupe les equations (A.2) et (A.4), on peut ecrire :

$$(A.7) \quad m = \hat{\mu}(B + C)g + \hat{\mu}e$$

En substituant (A.7) dans l'equation (A.2) et en utilisant l'equation (A.5), on obtient :

$$(A.8) \quad g = (I - \hat{\mu})(B + C)g + (I - \hat{\mu})e + a(i'x)$$

Il decoule des equations (A.3) et (A.7) que :

$$(A.9) \quad i'm + i^{\circ\prime}n = i'\hat{\mu}(B + C)g + i^{\circ\prime}Ng + i'\hat{\mu}e + i^{\circ\prime}f$$

Ensuite, en substituant (A.1) et (A.6) dans l'equation (A.8),br on établit que :

$$(A.10) \quad g = D(I - \hat{\mu})(B + C)g + Da(i'm + i^{\circ\prime}n) + D(I - \hat{\mu})e + D a\beta$$

Ainsi, les équations (A.9) et (A.10) constituent deux equations vectorielles qui expriment la relation entre les variables endogenes $g$ et $i'm + i^{\circ\prime}n$ et les variables exogènes $e$, $f$ et $\beta$. Tous les vecteurs et matrices de coefficients sont consideres comme des constantes. Il est alors utile d'ecrire le systeme d'equations (A.9) et (A.10) au moyen de la notation presentee au chapitre 2 de la presente etude. Le systeme d'equations etait alors represente par la formule suivante :

$$(2.1) \quad X = AX + Y$$

ou encore sous la forme decomposee suivante :

$$(A.11) \quad \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{pmatrix}$$

En etablissant la relation entre (A.9), (A.10) et (A.11), il est facile de voir que :

$$X_1 = g$$

$$X_2 = i'm + i^{\circ\prime}n$$

$$Y_1 = D(I - \hat{\mu})e + Da\beta$$

$$Y_2 = i'\hat{\mu}e + i^{\circ\prime}f$$

et que :

$$A_{11} = D(I - \hat{\mu})(B + C)$$

$$A_{12} = Da$$

$$A_{21} = i'\hat{\mu}(B + C) + i^{\circ\prime}N$$

$$A_{22} = 0$$

Il est necessaire a ce stade de faire deux remarques. D'abord, examinons le resultat de la sommation complete du vecteur $Y$ de la demande finale. On note que :

$$\text{(A.12)} \quad i'Y_1 + Y_2 = i'D(I - \hat{\mu})e + i'Da\beta + i'\hat{\mu}e + i^{*\prime}f$$

Ensuite, comme $i'D = i'$ et que $i'a$ est egale à l'unité, cette sommation devient simplement :

$$i'Y_1 + Y_2 = i'e + i^{*\prime}f + \beta$$

ce qui equivaut à la demande interieure finale totale de produits concurrentiels ($i'e$) plus la demande finale totale des produits non concurrentiels ($i^{*\prime}f$), plus la balance commerciale $\beta$. Il est facile de voir, à partir des identitees de la comptabilite nationale, que cette sommation complete est aussi egale au produit interieur net évalué aux prix du marché dans le secteur des entreprises (ce resultat découle des definitions de Statistique Canada, 1982a, pp. 9-14). Notons que les dépenses qui representent la demande finale de produits concurrentiels ($i'e$) et le produit industriel interieur excluent le remplacement du capital fixe et les provisions pour consommation de capital (voir le terme $Cg$ dans l'équation (A.2). La demande finale de produits et le produit industriel intérieur ne comprennent pas les biens de production primaires des categories de demande finale (Statistique Canada, 1982a).

La deuxieme remarque porte sur l'equation (A.6) de la balance commerciale. Le modèle de base des entrees-sorties compose des equations (A.1) à (A.6) contient des valeurs exprimées en prix constants de 1971. Il faut toutefois enlever cette restriction dans l'equation (A.6) qu'il est plus naturel de formuler en prix courants qu'en prix constants. Lorsqu'on applique le modèle à l'annee de reference 1971, aucune modification n'est necessaire. Mais pour toute autre annee, il faut transformer l'equation (A.6) de la balance commerciale, qui est d'abord exprimee en prix constants, de maniere à utiliser les prix courants par la multiplication de $i'x$, le membre de gauche de (A.6), par un scalaire d'ajustement $\delta$ qui se definit ainsi :

$$\text{(A.13)} \quad \delta = \frac{(i'x)_c/(i'x)_o}{(i'm + i^{*\prime}n)_c/(i'm + i^{*\prime}n)_o}$$

où l'indice c represente les prix courants et l'indice o indique que l'expression entre parentheses est mesurée en prix constants (de l'année de référence). Cette modification se ramène, si l'on examine l'équation (A.5), à un ajustement proportionnel du vecteur $a$ des coefficients de la structure des exportations par le scalaire $\delta$. Cet ajustement a un effet sur la matrice $A$ à cause de la sous-matrice $A_{12} = Da$ ainsi que sur le terme $Da\beta$ de $Y_1$. Bref, le scalaire defini dans l'equation (nbA.13) mesure les changements des termes de l'échange entre l'annee de référence 1971 et toute autre année. Si $\delta > 1$, il y a eu une amélioration des termes de l'échange entre la période de référence et la période courante. L'ajustement du vecteur $a$ des coefficients de la structure des exportations se fait en fixant $x = a^*(i'x)$ dans l'équation (A.5), ou $a^* = \delta^{-1}a$. Donc, si $\delta > 1$ $i'a^* < 1$, et si $\delta < 1$, $i'a^* > 1$. Après ajustement, le vecteur $a^*$ des coefficients de la structure des exportations constitue essentiellement, dans le présent modèle, le vecteur colonne des coefficients des entrées intermédiaires de l'industrie du commerce international, après transformation par la matrice $D$ (voir aussi Leontief, 1946).

Le modèle que nous venons de décrire est celui qui est utilisé dans la présente étude. Il est toutefois possible de le raffiner de diverses manières. Par exemple, on peut désagréger les échanges internationaux exprimés dans les équations (A.3), (A.4), (A.5) et (A.6) en fonction de relations commerciales bilatérales, au lieu de regrouper toutes ces relations dans des chiffres globaux sur le commerce international. Cette application pourrait être utile dans le cas du Canada, où le commerce extérieur se divise naturellement en relations commerciales avec les Etats-Unis, d'une part, et le reste du monde, d'autre part. Il est simple de modifier le modèle de base en remplaçant les équations (A.3) à (A.6) par deux équations qui représentent deux relations de commerce bilatéral. Notons que dans ce cas il faut utiliser deux scalaires d'ajustement différents pour les termes de l'échange, $\delta_1$ et $\delta_2$. Le modèle retenu dans la présente étude suppose implicitement que le commerce canadien est multilatéral, plutôt qu'un système de rapports bilatéraux. Une autre extension possible a trait au rôle des réexportations. Notre modèle de base ne tient pas compte tout simplement de la différence entre les exportations de produits fabriqués au pays et les réexportations dans le vecteur $x$ des exportations totales. Une analyse plus détaillée doit inclure une équation supplémentaire, $x_m = \hat{\mu}_1 x$, où $x_m$ représente les réexportations et $\hat{\mu}_1$ est une matrice diagonale montrant les coefficients de réexportation. L'équation (A.4) est alors remplacée par :

(A.4a) $m - x_m = \hat{\mu}_0 (q + m - x)$

tel qu'il a été proposé par Statistique Canada (1969). Si l'on effectue toutes les opérations nécessaires, on obtient les quatre sous-matrices suivantes comme composantes de la matrice $A$ :

$$A_{11} = D(I - \hat{\mu}_0)(B + C)$$

$$A_{12} = D(I - \hat{\mu}_1)e$$

$$A_{21} = i'\hat{\mu}_0 (B + C) + i^{*\prime}N$$

$$A_{22} = i'\hat{\mu}_1 e$$

Étant donné que les coefficients de réexportation $\mu_1$ sont très faibles, le traitement distinct des réexportations est en fait un raffinement du modèle.

Au chapitre 2 on a montré que le système vectoriel d'équations :

(2.1) $X = AX + Y$

conduit à un vecteur ligne des besoins totaux en main-d'œuvre (directe et indirecte) par unité de production :

(A.14) $\lambda' = \ell' (I - A)^{-1}$

où $\ell'$ est un vecteur ligne des coefficients de main-d'œuvre directe. Chaque élément du vecteur $\ell'$ est simplement le ratio du total de main-d'œuvre employée et de la production totale brute dans chaque secteur d'activité. Le dernier élément du vecteur $\ell'$ est zéro parce que cette composante correspond à l'industrie du commerce (c'est-à-dire le secteur marchand) international, ou le contenu en main-d'œuvre directe est nul. En effet, le système d'équations représenté par (A.11) permet de constater que l'industrie du commerce international « produit » des importations, $i'm$ , $i^{*\prime}n$, au moyen du vecteur transformé de la structure des exportations, $Da$ ou $Da^*$. La formule d'estimation (A.14) est examinée en détail à la section suivante de cet appendice. Pour le moment, on peut démontrer un résultat qui découle de l'équation (A.14) et qu'on mentionne au chapitre 3, à savoir la propriété d'invariance de ce calcul. Le meilleur moyen de comprendre cette propriété est d'examiner l'effet sur l'équation (A.14) d'erreurs de mesure de la déflation des prix à la production dans un sous-ensemble de secteurs d'activité. On suppose alors que les données sur l'année de référence (1971) sont bonnes puisque tous les facteurs de déflation sont égaux à l'unité cette année-là. Une erreur dans la déflation des prix à la production dans un secteur particulier influera sur le coefficient de main-d'œuvre directe et sur tous les coefficients des entrées intermédiaires dans le secteur en question (chacun de ces coefficients est changé uniformément et proportionnellement dans le même sens). Par contre, la consommation intermédiaire des produits de ce secteur par d'autres secteurs (et dans ce secteur lui-même) change proportionnellement dans le sens inverse. Autrement dit, il faut ajuster les coefficients des entrées intermédiaires de chaque secteur pour corriger la consommation de ses produits à cause d'erreurs de mesure (déflation) des prix à la production. Tout cela peut être exprimé de manière formelle et peut même être généralisé.

Supposons donc que l'ensemble du secteur des entreprises se divise en deux sous-ensembles. Aucune erreur de mesure n'est faite dans le premier ensemble, tandis que des erreurs de mesure des prix à la production sont présentes dans chaque secteur du deuxième ensemble, ces erreurs pouvant varier d'un secteur à l'autre. Supposons maintenant que tous les ajustements nécessaires des facteurs de déflation des prix à la production sont introduits dans le modèle afin de produire des mesures de la production réelle sans erreur. Il faut donc essentiellement comparer les résultats des calculs faits à partir de deux versions de la formule (A.14), la première version est simplement celle qu'on a déjà vue :

(A.14) $\lambda' = \ell'(I - A)^{-1}$

et qui contient les erreurs de mesure sans correction, alors que la deuxième version comprend toutes les modifications requises pour corriger et éliminer les erreurs de mesure. On peut facilement démontrer que la formule rectifiée s'écrirait :

(A.15) $\lambda^{*\prime} = \ell' T(I - T^{-1}AT)^{-1}$

où $T$ est une matrice diagonale formée des partitions suivantes :

(A.16) $T = \begin{pmatrix} I & O \\ O & \hat{k} \end{pmatrix}$

et $\hat{k}$ est une matrice diagonale dont les éléments diagonaux sont positifs, différents de un, et représentent les facteurs d'ajustement nécessaires pour corriger l'erreur de déflation des prix à la production dans chaque secteur du deuxième ensemble. En reformulant l'équation (A.15), on constate que :

$$\text{(A.15}a\text{)} \quad \lambda^{*\prime} = \ell' T(T^{-1}T - T^{-1}AT)^{-1}$$
$$= \ell' T[T^{-1}(I - A)^{-1}T]$$
$$= \ell'(I - A)^{-1}T$$

Et en utilisant (A.14) et (A.16) on s'aperçoit que :

$$\text{(A.15}b\text{)} \quad \lambda^{*\prime} = \lambda' T$$

Ce résultat signifie que le calcul des coefficients de main-d'œuvre totale (directe et indirecte) du premier ensemble de secteurs est complètement indépendant des erreurs de mesure dans le deuxième ensemble de secteurs. Par contre, les coefficients de main-d'œuvre totale de chaque secteur du deuxième ensemble sont modifiés à cause des erreurs de mesure, mais seulement dans la mesure où il faut appliquer un simple facteur de correction pour rectifier les données sur le secteur en question et non celles des autres secteurs. On doit toutefois faire encore une observation. Il n'est pas réaliste de considérer le secteur du commerce extérieur comme membre possible du deuxième ensemble ayant un seul facteur de correction. L'existence de ce secteur d'échange pur dans notre modèle pose effectivement certains problèmes, mais une analyse plus complexe peut les résoudre. L'essentiel des résultats sur la propriété d'invariance de l'équation (A.14) demeure quand même valable pour la plupart des applications importantes de ces résultats. La propriété d'invariance a également été étudiée par Leontief (1953, p. 41) et par Carter (1970, p 23).

## Description mathématique de l'analyse de décomposition

Cette section résume le développement mathématique et la théorie de la technique de décomposition utilisée au chapitre 3. En particulier, nous voulons décomposer la variation temporelle des coefficients de main-d'œuvre totale (directe et indirecte). La décomposition recherchée doit présenter un intérêt pour l'analyse de la croissance de la productivité dans les divers secteurs. Toutes les décompositions effectuées ici découlent de l'équation fondamentale (A.14). Ainsi, pour une période initiale, on calcule :

$$\text{(A.17)} \quad \lambda_1' = \ell_1'(I - A_1)^{-1}$$

où l'indice un représente maintenant la période numéro un. Ensuite, pour une deuxième période, on applique la formule :

$$\text{(A.18)} \quad \lambda_2' = \ell_2'(I - A_2)^{-1}$$

où l'indice deux se rapporte à la période numéro deux. La technique de décomposition s'applique à l'équation :

$$\text{(A.19)} \quad \lambda_2' - \lambda_1' = \Delta\lambda'$$

Il est pratique de définir les expressions suivantes :

$$\Delta\ell' = \ell_2' - \ell_1'$$
$$\Delta A = A_2 - A_1$$
$$\ell' = \tfrac{1}{2}(\ell_1' + \ell_2')$$
$$A = \tfrac{1}{2}(A_1 + A_2)$$

En outre, on sait que :

$$(I - A_1)^{-1} = I + A_1 + B_1$$

où

$$B_1 = (I - A_1)^{-1}A_1^2$$
$$= A_1^2 + A_1^3 + A_1^4 + \ldots$$

Alors,

$$\Delta B = B_2 - B_1$$

où $B_2$ se définit de façon analogue à $B_1$, et :

$$B = \tfrac{1}{2}(B_1 + B_2)$$

Il faut créer deux autres éléments de notation. Soient $\hat{a}_1$ une matrice diagonale constituée à partir des éléments de la diagonale de $A_1$, et $\hat{a}_2$ une matrice formée de manière semblable à partir de $A_2$. Alors,

$$\hat{a} = \frac{1}{2}(\hat{a}_1 + \hat{a}_2)$$

On peut alors definir la version generale de la formule de decomposition[3]. La variation temporelle, de la periode un a la periode deux, du vecteur ligne des coefficients de main-d'œuvre totale (directe et indirecte) peut s'ecrire :

**(A.20)** $\Delta\lambda' = \Delta'_D + \Delta'_I$

ou :

**(A.21)** $\Delta'_D = \Delta\ell'(I + \hat{a}) + \ell'(\Delta A)$

et :

**(A.22)** $\Delta'_I = \Delta\ell'(A - \hat{a} + B) + \ell'(\Delta B)$

Avant d'expliquer l'interpretation des vecteurs lignes de decomposition $\Delta'_D$ et $\Delta'_I$, il faut d'abord verifier si l'identite (A.20) est satisfaite, ce qu'on peut demontrer en notant que :

**(A.23)**
$$\begin{aligned}\Delta\lambda' &= \lambda'_2 - \lambda'_1 \\ &= \ell'_2(I + A_2 + B_2) - \ell'_1(I + A_1 + B_1) \\ &= \Delta\ell' + \Delta\ell'(A_2 + B_2) + \ell'_1(\Delta A + \Delta B)\end{aligned}$$

On pourrait aussi exprimer la même variation temporelle de la maniere suivante :

**(A.24)**
$$\begin{aligned}\Delta\lambda' &= \Delta\ell' + \Delta\ell'(A_1 + B_1) \\ &\quad + \ell'_2(\Delta A + \Delta B)\end{aligned}$$

Ensuite, si l'on calcule la moyenne de (A.23) et de (A.24), on obtient, en utilisant les equations (A.21) et (A.22), que :

**(A.24a)**
$$\begin{aligned}\Delta\lambda' &= \Delta\ell' + \Delta\ell'(A + B) + \ell'(\Delta A + \Delta B) \\ &= \Delta'_D + \Delta'_I\end{aligned}$$

ce que l'on recherchait. L'interpretation des deux expressions de la formule de decomposition se fait comme suit.

La premiere expression, $\Delta'_D$, represente la variation des coefficients de main-d'œuvre totale due aux effets propres (la variation des effets propres). Il s'agit d'un vecteur ligne de dimension egale au nombre de secteurs d'activite, y compris celui du commerce international, inclus dans le modele de base des entrees-sorties. Ainsi, chaque element de ce vecteur indique pour le secteur correspondant la variation temporelle du coefficient de main-d'œuvre totale due aux effets propres. Au chapitre 3, on mentionne que les variations des effets propres representent les variations directement imputables aux changements technologiques qui se produisent dans chaque secteur d'activite. Chaque secteur est directement responsable des variations de son coefficient de main-d'œuvre directe, ce qu'exprime la presence du terme $\Delta\ell'$ dans $\Delta'_D$ (equation A.21.) De maniere analogue, chaque secteur est lui-même responsable des changements de ses coefficients de facteurs intermediaires (y compris le remplacement du capital) que les facteurs soient produits au pays ou a l'etranger. Cependant, tout changement de ce genre doit être reduit a un denominateur commun, a savoir la main-d'œuvre. C'est ce que fait le terme $\ell'\Delta A$ dans l'equation (A.21). A ce terme nous ajoutons $\Delta\ell'\hat{a}$, qui mesure encore un changement technologique directement imputable a chaque secteur lui-même (et non a un autre). Ces termes resument les genres de variations dues aux effets propres. En effet, etant donne que $\Delta\lambda' - \Delta'_D = \Delta'_I$, on peut examiner chaque terme de l'expression $\Delta'_I$, definie par la formule (A.22), pour verifier si tous les termes des effets propres sont compris dans $\Delta'_D$.

Examinons l'expression $\Delta'_I$. Au chapitre 3, cette expression represente les variations des coefficients de main-d'œuvre totale dues aux effets d'amont (la variation des effets d'amont). Cette expression est essentiellement « residuelle », mais chacun de ses termes possède un sens. Prenons d'abord le terme $\Delta\ell'(A - \hat{a})$. Comme tous les elements de la diagonale de la matrice $(A - \hat{a})$ sont nuls, il est clair que ce terme engendre un vecteur ligne de variations des coefficients de main-d'œuvre totale imputables aux changements technologiques qui se produisent dans tous les secteurs autres que celui represente par chaque element du vecteur. Un autre terme dans l'expression $\Delta'_I$ est $\Delta\ell'B = \Delta\ell'(B - \hat{b}) + \Delta\ell'\hat{b}$, ou $\hat{b}$ est une matrice diagonale formee a partir des elements de la diagonale de la matrice $B$. En ce qui concerne le terme $\Delta\ell'(B - \hat{b})$, le raisonnement est

semblable à celui décrit dans le cas de $\Delta\ell'(A - \hat{a})$. Il reste à expliquer le terme $\Delta\ell'b$. On pourrait dire que cette « variation » appartient à proprement parler à l'expression des effets propres, $\Delta'_D$. Cependant, nous ne la classons pas dans cette catégorie parce que les éléments du vecteur $b$ ne peuvent pas être imputés directement à un secteur en particulier. Enfin, le dernier terme de l'équation (A.22) est $\ell'(\Delta B)$. Dans ce cas également, la « bonne » manière de classer la variation est un peu discutable. Ce terme semble avoir la même structure que $\ell'(\Delta A)$, qui fait effectivement partie de $\Delta'_D$ par définition. Néanmoins, on ne considère pas ce terme comme étant un effet propre parce qu'aucun élément de $\Delta B$ ne peut être directement attribué à un secteur donné; on inclut donc $\ell'(\Delta B)$ dans $\Delta'_D$ les changements technologiques qui proviennent de tous les autres secteurs. Cependant, nous verrons bientôt que la justification de cette technique de décomposition ne tient pas seulement à des arguments « théoriques », mais aussi à des observations empiriques.

On peut prolonger l'analyse de décomposition de la productivité simplement en inversant l'expression (A.22) de manière à obtenir un vecteur colonne composé de sommes de lignes au lieu d'un vecteur ligne dont les éléments sont des sommes de colonnes. Prenons donc le vecteur colonne :

$$\text{(A.25)} \quad \Delta_S = \widehat{\Delta\ell}(A - \hat{a} + B)i + \hat{\ell}(\Delta B)i$$

où $\widehat{\Delta\ell}$ est une matrice diagonale formée à partir du vecteur ligne $\Delta\ell'$, $\hat{\ell}$ est une matrice diagonale formée à partir du vecteur ligne $\ell'$, et $i$ est un vecteur colonne d'unités. Cette expression décrit les variations des coefficients de main-d'œuvre totale dues aux effets en aval (la variation des effets en aval), qui sont décrites au chapitre 3. C'est à ce chapitre qu'on a mentionné que la sommation générale de tous les effets en amont doit être égale à la sommation générale de tous les effets en aval. La démonstration est simple :

$$\begin{aligned} i'\Delta_S &= i'\widehat{\Delta\ell}(A - \hat{a} + B)i + i'\hat{\ell}(\Delta B)i \\ &= \Delta\ell'(A - \hat{a} + B)i + \ell'(\Delta B)i \\ &= \Delta'_D i \end{aligned}$$

ce qu'il fallait démontrer. Au chapitre 3, chaque élément du vecteur colonne $\Delta_S$ correspond à un effet en aval dans une industrie donnée. Par exemple, si un élément de $\Delta_S$ est négatif, les progrès technologiques réalisés dans le secteur qu'il représente entraîneront une réduction directe ou indirecte des coefficients de main-d'œuvre totale dans tous les autres secteurs de l'économie (dans l'ensemble) et, par conséquent, la productivité de la main-d'œuvre augmentera partout dans l'ensemble de l'économie. Est-ce là une interprétation raisonnable de l'expression (A.25) ? Examinons d'abord le terme $\widehat{\Delta\ell}(A - \hat{a})i$ de $\Delta_S$. Il est clair que ce terme est bien celui qui transmet directement les effets en aval d'un secteur donné. Prenons ensuite le terme $\widehat{\Delta\ell}Bi$. Là encore, les effets en aval découlent clairement des progrès technologiques dans chaque secteur particulier (en réalité, ils découlent du changement du coefficient de main-d'œuvre directe), mais ces effets en aval sont transmis indirectement et ont des retombées dans le secteur de référence lui-même (la matrice $B$ comprend les éléments diagonaux). Enfin, le dernier terme de l'expression (A.25) est $\hat{\ell}(\Delta B)i$. Il ne semble pas exister de très bonnes raisons de considérer chaque élément de ce vecteur colonne comme l'effet en aval d'un secteur donné. Après tout, chaque composante de $\Delta B$ mesure les changements technologiques (en réalité, les variations indirectes des coefficients des facteurs intermédiaires) de tous les secteurs à la fois. Néanmoins, les pondérations $\hat{\ell}$ du dénominateur commun sont correctes, mais le terme dans son ensemble représente l'effet final des substitutions[4] de facteurs intermédiaires qui ont lieu à l'origine dans les secteurs du vecteur colonne. Pour cette raison, il semble préférable de considérer séparément le terme $\hat{\ell}(\Delta B)i$ de l'équation (A.25) lorsqu'on fait l'analyse de la variation des effets en aval en se fondant sur la formulation de $\Delta_S$.

Les résultats empiriques de l'analyse de décomposition présentés au chapitre 3 sont basés sur les formules (A.20), (A.21), (A.22) et (A.25) pour la période 1961-1976 (voir les tableaux 3-1 et 3-2)[5]. Les termes de chaque formule de décomposition ne sont pas indiqués séparément et on ne montre que le total final des divers termes. Il serait donc intéressant d'examiner ici ces termes individuels, dont les valeurs figurent aux tableaux A-1, A-2 et A-3. Il ressort clairement du tableau A-1 que le terme $\Delta\ell'(I + \hat{a})$ est le plus important dans l'expression $\Delta'_D$, qui traduit la variation des effets propres. Ce résultat n'est pas surprenant; la plupart des variations des besoins en main-d'œuvre totale par unité de production découlent des changements technologiques qui produisent une réduction (dans presque tous les cas) des coefficients de main-d'œuvre directe des divers secteurs. Notons que dans certains secteurs, le terme $\ell'(\Delta A)$ est positif et significatif, ce qui signifie

**Tableau A-1**

**Décomposition des variations des besoins totaux en main-d'œuvre dues aux effets propres, 40 secteurs d'activité, 1961-1976**

| | Variation totale | Variation due au premier terme | Variation due au deuxième terme |
|---|---|---|---|
| 1 Agriculture | -108.7 | -108.7 | -0.0 |
| 2 Forêts | -28.4 | -32.6 | 4.2 |
| 3 Pêche et chasse | 10.7 | 5.7 | 5.0 |
| 4 Mines métalliques | -7.2 | -14.9 | 7.7 |
| 5 Combustibles minéraux | -7.2 | -12.9 | 5.7 |
| 6 Mines non métalliques | -23.2 | -23.6 | 0.3 |
| 7 Services miniers | 1.8 | 8.9 | -7.1 |
| 8 Industries des aliments et des boissons | -17.8 | -13.7 | -4.1 |
| 9 Industrie du tabac | -15.6 | -12.6 | -2.9 |
| 10 Caoutchouc et produits en matière plastique | -30.0 | -26.7 | -3.3 |
| 11 Industrie du cuir | -39.0 | -31.8 | -7.2 |
| 12 Industrie textile | -43.2 | -40.8 | -2.4 |
| 13 Bonneterie | -59.4 | -52.8 | -6.6 |
| 14 Industrie du vêtement | -35.3 | -35.7 | 0.4 |
| 15 Industrie du bois | -23.3 | -22.2 | -1.1 |
| 16 Industrie du meuble et des articles d'ameublement | -23.9 | -23.9 | 0.1 |
| 17 Industrie du papier et activités connexes | -9.4 | -10.0 | 0.6 |
| 18 Imprimerie, édition | -20.7 | -20.9 | 0.2 |
| 19 Première transformation des métaux | -6.1 | -7.3 | 1.2 |
| 20 Fabrication de produits en métal | -22.4 | -20.7 | -1.6 |
| 21 Fabrication de machines | -22.3 | -21.7 | -0.6 |
| 22 Fabrication de matériel de transport | -32.3 | -27.8 | -4.5 |
| 23 Fabrication de produits électriques | -29.8 | -26.8 | -2.9 |
| 24 Fabrication de produits non métalliques | -20.9 | -20.2 | -0.8 |
| 25 Fabrication de produits du pétrole et du charbon | -0.3 | -2.9 | 2.6 |
| 26 Industrie chimique | -19.5 | -17.9 | -1.6 |
| 27 Industries manufacturières diverses | -29.5 | -27.9 | -1.5 |
| 28 Construction | -11.2 | -12.1 | 0.9 |
| 29 Transports et entreposage | -39.4 | -38.0 | -1.4 |
| 30 Communications | -46.5 | -39.3 | -7.2 |
| 31 Électricité et gaz | -11.3 | -9.9 | -1.4 |
| 32 Commerce de gros | -24.7 | -20.4 | -4.3 |
| 33 Commerce de détail | -31.3 | -25.1 | -6.2 |
| 34 Finances, assurances et affaires immobilières | 2.5 | 0.4 | 2.1 |
| 35 Enseignement et services médicaux | -4.1 | -4.1 | 0.0 |
| 36 Services de divertissement et loisirs | -10.1 | -12.1 | 2.0 |
| 37 Services fournis aux entreprises | -3.8 | -5.4 | 1.6 |
| 38 Hébergement et restauration | 17.7 | 15.5 | 2.2 |
| 39 Autres services personnels | 48.8 | 47.7 | 1.1 |
| 40 Commerce international | -7.1 | 0.0 | -7.1 |

SOURCE D'après des données de Statistique Canada et celles du tableau 3-1

normalement une substitution de facteurs intermédiaires directs (correctement pondérés selon les entrées de main-d'œuvre) à des entrées de main-d'œuvre directe. Au tableau A-2, nous nous intéressons surtout aux grandeurs relatives du premier terme, $\Delta\ell'(\hat{A} - \hat{s} + \hat{B})$ (terme combiné), et du deuxième terme, $\ell'(\Delta B)$. Rappelons que l'interprétation de ce deuxième terme n'est pas tout à fait claire. Il ressort de nouveau que le premier terme représente une grande partie des variations dues aux effets d'amont, $\Delta'_j$. En effet, pour tous les secteurs d'activité, $\Delta'_j$ et le premier terme sont négatifs et significatifs. Certains éléments de $\ell'(\Delta B)$, sont positifs, mais la valeur absolue de ces éléments est toujours petite en comparaison de celle de $\Delta\ell'(\hat{A} - \hat{s} + \hat{B})$. Même si on ajoutait le terme $\ell'(\Delta B)$ à l'expression qui définit les variations dues aux effets propres, les résultats empiriques ne changeraient pas d'une façon très marquée dans presque tous les secteurs.

Tableau A-2

Décomposition des variations des besoins totaux en main-d'œuvre dues aux effets d'amont, 40 secteurs d'activité, 1961-1976

| | Variation totale | Variation due au premier terme | Variation due au deuxième terme |
|---|---|---|---|
| 1 Agriculture | -27,3 | -26,6 | -0,7 |
| 2 Forêts | -12,7 | -18,7 | 6,0 |
| 3 Pêche et chasse | -8,7 | -24,0 | 15,4 |
| 4 Mines métalliques | -5,9 | -14,4 | 8,5 |
| 5 Combustibles minéraux | -6,0 | -12,3 | 6,2 |
| 6 Mines non métalliques | -17,3 | -16,5 | -0,8 |
| 7 Services miniers | -27,4 | -16,2 | -11,2 |
| 8 Industries des aliments et des boissons | -59,2 | -58,1 | -1,1 |
| 9 Industrie du tabac | -50,1 | -49,1 | -1,1 |
| 10 Caoutchouc et produits en matière plastique | -26,7 | -24,1 | -2,5 |
| 11 Industrie du cuir | -29,5 | -24,4 | -5,0 |
| 12 Industrie textile | -32,6 | -26,1 | -6,4 |
| 13 Bonneterie | -37,6 | -31,2 | -6,4 |
| 14 Industrie du vêtement | -27,8 | -29,8 | 2,0 |
| 15 Industrie du bois | -25,2 | -29,0 | 3,8 |
| 16 Industrie du meuble et des articles d'ameublement | -23,2 | -24,4 | 1,3 |
| 17 Industrie du papier et activités connexes | -19,9 | -27,0 | 7,1 |
| 18 Imprimerie, édition | -12,2 | -15,5 | 3,2 |
| 19 Première transformation des métaux | -20,3 | -25,6 | 5,4 |
| 20 Fabrication de produits en métal | -20,3 | -20,0 | -0,3 |
| 21 Fabrication de machines | -14,7 | -21,0 | 6,3 |
| 22 Fabrication de matériel de transport | -23,2 | -27,9 | 4,7 |
| 23 Fabrication de produits électriques | -23,1 | -20,4 | -2,6 |
| 24 Fabrication de produits non métalliques | -20,4 | -19,5 | -0,9 |
| 25 Fabrication de produits du pétrole et du charbon | -31,4 | -32,3 | 0,9 |
| 26 Industrie chimique | -25,0 | -24,0 | -1,0 |
| 27 Industries manufacturières diverses | -20,2 | -20,5 | 0,3 |
| 28 Construction | -21,6 | -20,3 | -1,2 |
| 29 Transports et entreposage | -18,2 | -14,8 | -3,4 |
| 30 Communications | -24,9 | -16,2 | -8,7 |
| 31 Électricité et gaz | -11,9 | -15,2 | 3,2 |
| 32 Commerce de gros | -14,8 | -10,3 | -4,4 |
| 33 Commerce de détail | -18,0 | -13,5 | -4,6 |
| 34 Finances, assurances et affaires immobilières | -5,6 | -7,1 | 1,4 |
| 35 Enseignement et services médicaux | -7,0 | -9,1 | 2,1 |
| 36 Services de divertissement et loisirs | -8,3 | -13,0 | 4,6 |
| 37 Services fournis aux entreprises | -4,5 | -6,2 | 2,6 |
| 38 Hébergement et restauration | -17,9 | -22,6 | 4,6 |
| 39 Autres services personnels | -8,5 | -12,4 | 3,9 |
| 40 Commerce international | -49,6 | -47,5 | -2,1 |

SOURCE D'après des données de Statistique Canada et celles du tableau 3-1.

Enfin, passons au tableau A-3. Dans ce cas, il n'est pas évident que le premier terme, $\widehat{\Delta \ell}(A - \hat{a} + B)i$ (terme combiné), est plus important que le deuxième, $\hat{\ell}(\Delta B)i$. On trouve d'importants exemples de secteurs où la grandeur du deuxième terme est au moins égale à celle du premier terme sans que ces deux valeurs soient affectées du même signe. (Tel est le cas, par exemple, des secteurs du caoutchouc et produits en matière plastique (n° 10), de la fabrication de matériel de transport (n° 22), des communications (n° 30), du commerce de gros (n° 32), et des services fournis aux entreprises (n° 37).) Ce résultat peut sembler surprenant après l'examen des chiffres du tableau A-2, surtout à cause du fait que la sommation du deuxième terme pour chaque secteur du tableau A-2 est par définition égale à la sommation correspondante du deuxième terme du tableau A-3. Autrement dit :

$$\ell'(\Delta B)i \equiv i'\hat{\ell}(\Delta B)i$$

**Tableau A-3**

Décomposition des variations des besoins totaux en main-d'œuvre dues aux effets en aval, 40 secteurs d'activité, 1961-1976

| | Variation totale | Variation due au premier terme | Variation due au deuxième terme |
|---|---|---|---|
| 1 Agriculture | -263,5 | -203,4 | -60,1 |
| 2 Forêts | -55,7 | -38,6 | -17,1 |
| 3 Pêche et chasse | -2,4 | 0,5 | -2,9 |
| 4 Mines métalliques | -30,3 | -22,8 | -7,5 |
| 5 Combustibles minéraux | -10,5 | -13,9 | 3,5 |
| 6 Mines non métalliques | -6,6 | -7,8 | 1,2 |
| 7 Services miniers | 4,5 | 2,1 | 2,4 |
| 8 Industries des aliments et des boissons | -23,5 | -19,4 | -4,1 |
| 9 Industrie du tabac | -1,2 | -0,9 | -0,3 |
| 10 Caoutchouc et produits en matière plastique | -3,7 | -14,3 | 10,6 |
| 11 Industrie du cuir | -5,0 | -2,4 | -2,6 |
| 12 Industrie textile | -34,9 | -36,9 | 2,0 |
| 13 Bonneterie | -3,4 | -5,3 | 1,9 |
| 14 Industrie du vêtement | -2,4 | -3,8 | 1,3 |
| 15 Industrie du bois | -28,3 | -25,6 | -2,7 |
| 16 Industrie du meuble et des articles d'ameublement | -2,6 | -2,9 | 0,2 |
| 17 Industrie du papier et activités connexes | -35,5 | -22,2 | -13,4 |
| 18 Imprimerie, édition | -21,8 | -15,8 | -6,0 |
| 19 Première transformation des métaux | -30,7 | -19,5 | -11,2 |
| 20 Fabrication de produits en métal | -20,3 | -27,8 | 7,5 |
| 21 Fabrication de machines | -17,0 | -24,1 | 7,1 |
| 22 Fabrication de matériel de transport | 5,5 | -59,0 | 64,5 |
| 23 Fabrication de produits électriques | -21,5 | -25,4 | 3,9 |
| 24 Fabrication de produits non métalliques | -9,2 | -9,8 | 0,5 |
| 25 Fabrication de produits du pétrole et du charbon | -2,6 | -2,6 | 0,0 |
| 26 Industrie chimique | -21,4 | -24,7 | 3,3 |
| 27 Industries manufacturières diverses | -8,9 | -11,8 | 3,0 |
| 28 Construction | -49,6 | -37,9 | -11,6 |
| 29 Transports et entreposage | -107,8 | -117,3 | 9,5 |
| 30 Communications | -24,9 | -36,6 | 11,7 |
| 31 Électricité et gaz | -6,0 | -9,0 | 3,0 |
| 32 Commerce de gros | -33,5 | -45,9 | 12,5 |
| 33 Commerce de détail | -21,7 | -21,3 | -0,4 |
| 34 Finances, assurances et affaires immobilières | 1,8 | 1,0 | 0,8 |
| 35 Enseignement et services médicaux | 0,1 | -0,0 | 0,1 |
| 36 Services de divertissement et loisirs | -2,4 | -1,3 | -1,1 |
| 37 Services fournis aux entreprises | 23,1 | -7,2 | 30,4 |
| 38 Hébergement et restauration | 0,7 | 5,9 | -5,3 |
| 39 Autres services personnels | 14,8 | 20,1 | -5,4 |
| 40 Commerce international | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

SOURCE D'après des données de Statistique Canada et celles du tableau 3-2.

Toutefois, ces simples sommations ne nous apprennent rien au sujet des termes qui s'annulent et de la répartition des termes selon les secteurs ! On mentionne plus haut dans cette section que l'interprétation du terme $\hat{\ell}(\Delta B)i$ comme faisant partie des variations attribuables aux effets en aval est certainement discutable. On sait maintenant aussi que la grandeur de ce terme d'une industrie à l'autre est effectivement importante. Il est donc absolument essentiel de distinguer ce terme dans l'analyse des variations dues aux effets en aval lorsqu'on utilise l'expression $\Delta_S$ définie par la formule (A.25). Quelques exemples concrets de cette distinction, dans la perspective de ses conséquences sur la politique relative à la productivité industrielle, sont présentés aux chapitres 5 et 6.

On peut démontrer encore un autre résultat de l'analyse de décomposition. Il est clair que le vecteur ligne $\Delta_I'$ des variations dues aux effets en amont et le vecteur colonne $\Delta_S$ des variations dues aux effets en aval sont tirés d'une seule matrice des variations dues aux effets en amont et en aval, à savoir :

$$\text{(A.26)} \quad \widehat{\Delta\ell}(A - \hat{a} + B) + \hat{\ell}(\Delta B)$$

Les totaux des colonnes de la matrice (A.26) correspondent aux éléments du vecteur ligne $\Delta_I'$, tandis que les totaux des lignes forment le vecteur colonne $\Delta_S$. En fait, chaque composante de la matrice (A.26) représente une variation due à la fois aux effets d'amont et aux effets en aval. Le tableau A-4 présente une matrice complète pour les 40 secteurs étudiés dans cette analyse pour les années 1961 à 1976. Chaque élément de cette matrice est donc une variation due aux effets d'amont qui « touche » le secteur dont le numéro figure à la tête de chaque colonne. Simultanément, chaque élément est une variation due aux effets en aval « transmis » par le secteur qui correspond à chaque ligne. La ligne du total des effets d'amont (la dernière ligne) répète les chiffres du tableau A-2; de même, la colonne du total des effets en aval (la dernière colonne) reprend les données du tableau A-3. Étant donné que cette matrice est elle-même la sommation de deux matrices, dont une, $\hat{\ell}(\Delta B)$, est un peu difficile à interpréter, il faut être prudent lorsqu'on utilise les éléments individuels de cette matrice globale. Des exemples pertinents des façons possibles d'utiliser ces valeurs sont donnés au chapitre 6.

## Modification de l'analyse de décomposition

Cette section décrit une petite modification de la technique de décomposition qui a permis d'établir certains résultats sur la croissance de la productivité aux chapitres 4 et 5. La modification en question doit être apportée à cause du caractère particulier du secteur du commerce international; il s'agit d'un secteur d'échange pur plutôt que d'un secteur de production. Ce secteur n'utilise aucune main-d'œuvre directe et, par conséquent, le dernier élément (c'est-à-dire l'élément numéro 40) du vecteur ligne $\ell'$ des coefficients de main-d'œuvre directe est nul. Ce résultat ne pose en soi aucune difficulté dans l'équation de base :

$$\text{(A.14)} \quad \lambda' = \ell'(I - A)^{-1}$$

ni dans le calcul du vecteur des variations temporelles :

$$\text{(A.19)} \quad \Delta\lambda' = \lambda_2' - \lambda_1'$$

Ainsi, tous les calculs portant sur les besoins totaux en main-d'œuvre, (par unité de production) la productivité globale du travail et les taux de croissance de la productivité globale du travail demeurent inchangés. Toutefois, un problème se pose dans la formule de décomposition des variations dues aux effets propres :

$$\text{(A.21)} \quad \Delta_D' = \Delta\ell'(I + \hat{a}) + \ell'(\Delta A)$$

en ce qui concerne le terme $\ell'(\Delta A)$. Comme le dernier élément du vecteur ligne $\ell'$ vaut toujours zéro, ce terme ne varie pas en fonction des éléments positifs ou négatifs de la dernière rangée de la matrice $\Delta A$. On sait, grâce au modèle de base (A.11) des entrées-sorties, que cette dernière rangée provient de :

$$A_{21} = i'\hat{\mu}(B + C) + i^{*\prime}N$$

et :

$$A_{22} = 0$$

de sorte que la dernière rangée $\Delta A$ tient compte de toutes les variations dans le temps des coefficients de l'ensemble des facteurs intermédiaires importés. Donc, *toutes choses étant égales par ailleurs*, si la consommation de facteurs intermédiaires importés augmente dans un secteur donné, ce secteur n'est pas « pénalisé » par une baisse de croissance de la productivité attribuable aux effets propres, puisqu'il n'y a aucune transformation directe en main-d'œuvre. Ainsi, il est utile de créer un coefficient « artificiel » de main-d'œuvre directe différent de zéro pour le secteur du commerce international et qui est acceptable pour l'analyse de décomposition. Notons que, par convention, nous supposerons ici que la variation temporelle de ce coefficient artificiel de main-d'œuvre directe est nulle, étant donné que cette hypothèse ne pose pas de difficultés.

Pour la période numéro un, le scalaire du coefficient de main-d'œuvre directe du secteur du commerce international est égal à[6] :

Tableau A-4

Décomposition matricielle des contributions des effets d'amont et des effets en aval aux variations des besoins totaux en main-d'œuvre, en années-personnes par unité de production d'un million de dollars*, 40 secteurs d'activité, 1961-1976

| | Numéro du secteur | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 Agriculture | -8,12 | -3,59 | -3,84 | -2,06 | -2,00 | -3,69 | -4,98 | -40,16 | -34,68 | -6,04 |
| 2 Forêts | -1,08 | -0,41 | -0,73 | -0,41 | -0,40 | -0,97 | -0,98 | -1,29 | -1,40 | -1,29 |
| 3 Pêche et chasse | -0,09 | -0,03 | -0,05 | -0,01 | -0,02 | -0,05 | -0,10 | -0,08 | -0,08 | -0,09 |
| 4 Mines métalliques | -0,74 | -0,26 | -0,31 | -0,23 | -0,25 | -0,49 | -0,78 | -0,71 | -0,55 | -0,74 |
| 5 Combustibles minéraux | -0,37 | -0,11 | -0,05 | -0,02 | -0,04 | -0,28 | -0,28 | -0,25 | -0,18 | -0,17 |
| 6 Mines non métalliques | -0,22 | -0,05 | -0,08 | -0,12 | -0,05 | -0,11 | -0,25 | -0,15 | -0,11 | -0,19 |
| 7 Services miniers | 0,09 | 0,09 | 0,14 | 0,44 | 0,48 | 0,24 | 0,05 | 0,07 | 0,06 | 0,07 |
| 8 Industries des aliments et des boissons | -1,68 | -0,36 | -0,22 | -0,19 | -0,19 | -0,42 | -0,64 | -0,95 | -0,80 | -0,71 |
| 9 Industrie du tabac | -0,02 | -0,01 | -0,01 | -0,01 | -0,01 | -0,01 | -0,02 | -0,02 | -0,54 | -0,02 |
| 10 Caoutchouc et produits en matière plastique | -0,03 | -0,02 | 0,21 | 0,01 | 0,03 | -0,10 | -0,19 | -0,03 | -0,02 | 0,07 |
| 11 Industrie du cuir | -0,05 | -0,02 | -0,02 | -0,02 | -0,01 | -0,04 | -0,05 | -0,05 | -0,04 | -0,27 |
| 12 Industrie textile | -0,32 | -0,15 | -0,69 | -0,04 | -0,02 | -0,34 | -0,23 | -0,34 | -0,41 | -1,90 |
| 13 Bonneterie | -0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | -0,00 | -0,01 | -0,00 | -0,00 | -0,30 |
| 14 Industrie du vêtement | -0,01 | -0,01 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | -0,02 | -0,04 | -0,01 | -0,00 | -0,10 |
| 15 Industrie du bois | -0,83 | -0,33 | -0,43 | -0,23 | -0,21 | -0,61 | -0,87 | -0,78 | -0,63 | -0,79 |
| 16 Industrie du meuble et des articles d'ameublement | -0,05 | -0,03 | 0,00 | -0,01 | -0,02 | -0,06 | -0,09 | -0,06 | -0,06 | -0,06 |
| 17 Industrie du papier et activités connexes | -1,08 | -0,36 | -0,33 | -0,23 | -0,27 | -0,89 | -1,18 | -1,36 | -1,51 | -1,45 |
| 18 Imprimerie, édition | -0,52 | -0,42 | -0,16 | -0,27 | -0,30 | -0,56 | -0,81 | -0,81 | -0,94 | -0,86 |
| 19 Première transformation des métaux | -1,00 | -0,31 | -0,21 | -0,26 | -0,22 | -0,61 | -1,18 | -0,92 | -0,70 | -0,94 |
| 20 Fabrication de produits en métal | -0,57 | -0,40 | 0,06 | -0,21 | -0,08 | -0,49 | -0,86 | -0,72 | -0,36 | -0,50 |
| 21 Fabrication de machines | -1,02 | -0,28 | -1,38 | -0,33 | -0,30 | -0,54 | -0,84 | -0,80 | -0,68 | -0,47 |
| 22 Fabrication de matériel de transport | -0,35 | 0,05 | -0,09 | 0,28 | 0,16 | 0,05 | -0,40 | 0,02 | 0,17 | 0,49 |
| 23 Fabrication de produits électriques | -0,46 | -0,34 | -0,52 | -0,22 | -0,21 | -0,46 | -0,86 | -0,43 | -0,31 | -0,43 |
| 24 Fabrication de produits non métalliques | -0,23 | -0,12 | -0,03 | -0,12 | -0,01 | -0,20 | -0,28 | -0,33 | -0,16 | -0,23 |
| 25 Fabrication de produits du pétrole et du charbon | -0,17 | -0,07 | -0,12 | -0,03 | -0,02 | -0,10 | -0,11 | -0,14 | -0,10 | -0,05 |
| 26 Industrie chimique | -0,87 | -0,24 | -0,10 | -0,42 | -0,16 | -0,67 | -0,65 | -0,69 | -0,43 | -2,49 |
| 27 Industries manufacturières diverses | -0,19 | -0,14 | -0,13 | -0,08 | -0,07 | -0,22 | -0,29 | -0,23 | -0,22 | -0,25 |
| 28 Construction | -1,73 | -1,28 | -0,39 | -1,15 | -1,85 | -1,81 | -2,27 | -1,46 | -1,20 | -1,24 |
| 29 Transports et entreposage | -3,17 | -4,63 | -1,46 | -1,21 | -0,97 | -2,50 | -4,16 | -4,04 | -2,85 | -3,48 |
| 30 Communications | -0,53 | -0,19 | -0,04 | -0,03 | -0,24 | -0,40 | -0,91 | -0,61 | -0,57 | -0,80 |
| 31 Électricité et gaz | -0,20 | -0,01 | 0,07 | -0,21 | -0,19 | -0,34 | -0,25 | -0,12 | -0,07 | -0,20 |
| 32 Commerce de gros | -1,57 | -0,54 | -0,22 | -0,35 | -0,16 | -1,09 | -1,63 | -1,39 | -0,92 | -1,15 |
| 33 Commerce de détail | -0,87 | -0,53 | -0,23 | -0,19 | -0,09 | -0,75 | -1,05 | -1,03 | -0,65 | -0,64 |
| 34 Finances, assurances et affaires immobilières | -0,04 | 0,37 | 0,49 | 0,45 | 0,36 | 0,08 | -0,36 | -0,07 | -0,02 | -0,08 |
| 35 Enseignement et services médicaux | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 36 Services de divertissement et loisirs | -0,01 | -0,00 | 0,03 | 0,01 | -0,01 | -0,01 | -0,05 | -0,03 | -0,03 | -0,04 |
| 37 Services fournis aux entreprises | 0,65 | 0,79 | 1,32 | 0,84 | 0,84 | 0,50 | -0,00 | 0,57 | 0,53 | 0,46 |
| 38 Hébergement et restauration | -0,09 | 0,06 | 0,10 | 0,08 | 0,07 | -0,03 | -0,10 | 0,02 | 0,09 | -0,02 |
| 39 Autres services personnels | 0,23 | 1,21 | 0,67 | 0,65 | 0,41 | 0,71 | 0,28 | 0,26 | 0,21 | 0,24 |
| 40 Commerce international | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Total des effets d'amont | -27,30 | -12,68 | -8,68 | -5,88 | -6,04 | -17,27 | -27,40 | -59,16 | -50,14 | -26,68 |

Tableau A-4 (suite)

| | Numéro du secteur | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1 Agriculture | -8,90 | -8,27 | -6,76 | -6,82 | -5,09 | -4,43 | -4,56 | -2,70 | -5,09 | -4,56 |
| 2 Forêts | -0,95 | -1,60 | -1,37 | -1,07 | -10,98 | -2,46 | -5,29 | -1,61 | -0,97 | -0,96 |
| 3 Pêche et chasse | -0,15 | -0,13 | -0,10 | -0,08 | -0,03 | -0,05 | -0,03 | -0,03 | -0,06 | -0,07 |
| 4 Mines métalliques | -0,43 | -1,00 | -0,80 | -0,64 | -0,27 | -0,61 | -0,36 | -0,26 | -4,91 | -1,89 |
| 5 Combustibles minéraux | -0,11 | -0,23 | -0,18 | -0,12 | -0,12 | -0,11 | -0,12 | -0,06 | -0,28 | -0,19 |
| 6 Mines non métalliques | -0,10 | -0,25 | -0,19 | -0,14 | -0,06 | -0,11 | -0,14 | -0,06 | -0,20 | -0,15 |
| 7 Services miniers | 0,06 | 0,06 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,10 | 0,05 | 0,22 | 0,09 |
| 8 Industries des aliments et des boissons | -1,81 | -0,88 | -0,71 | -0,56 | -0,40 | -0,43 | -0,40 | -0,25 | -0,46 | -0,47 |
| 9 Industrie du tabac | -0,02 | -0,03 | -0,02 | -0,02 | -0,01 | -0,01 | -0,01 | -0,01 | -0,02 | -0,02 |
| 10 Caoutchouc et produits en matière plastique | -1,41 | -0,15 | 0,03 | 0,07 | -0,00 | -0,58 | -0,00 | 0,05 | 0,09 | -0,02 |
| 11 Industrie du cuir | -2,82 | -0,08 | -0,15 | -0,14 | -0,02 | -0,11 | -0,03 | -0,02 | -0,04 | -0,04 |
| 12 Industrie textile | -1,13 | -2,18 | -12,06 | -7,86 | -0,12 | -1,71 | -0,40 | -0,20 | -0,08 | -0,13 |
| 13 Bonneterie | -0,12 | -0,67 | -0,07 | -1,80 | 0,00 | -0,35 | 0,00 | -0,01 | 0,01 | 0,00 |
| 14 Industrie du vêtement | -0,18 | -0,59 | -1,14 | -0,12 | -0,00 | -0,01 | -0,00 | -0,00 | 0,01 | -0,00 |
| 15 Industrie du bois | -0,55 | -1,10 | -0,88 | -0,66 | -0,67 | -2,46 | -1,01 | -0,09 | -0,69 | -0,71 |
| 16 Industrie du meuble et des articles d'ameublement | -0,05 | -0,13 | -0,13 | -0,06 | -0,09 | -0,03 | -0,07 | -0,08 | -0,04 | -0,07 |
| 17 Industrie du papier et activités connexes | -0,94 | -1,85 | -1,57 | -1,13 | -0,42 | -0,88 | -0,59 | -1,99 | -0,87 | -0,92 |
| 18 Imprimerie, édition | -0,77 | -0,76 | -0,76 | -0,55 | -0,41 | -0,54 | -0,52 | -0,37 | -0,34 | -0,51 |
| 19 Première transformation des métaux | -0,51 | -1,29 | -1,03 | -0,77 | -0,31 | -0,76 | -0,42 | -0,30 | -0,87 | -2,44 |
| 20 Fabrication de produits en métal | -0,43 | -0,44 | -0,31 | -0,09 | -0,42 | -1,17 | -0,30 | -0,14 | -0,39 | -0,50 |
| 21 Fabrication de machines | -0,31 | -0,62 | -0,51 | -0,23 | -0,24 | -0,27 | -0,40 | -0,19 | -0,57 | -0,53 |
| 22 Fabrication de matériel de transport | 0,55 | 0,58 | 0,66 | 0,90 | 0,10 | 0,43 | 0,47 | 0,35 | 0,63 | 0,26 |
| 23 Fabrication de produits électriques | -0,30 | -0,52 | -0,45 | -0,24 | -0,31 | -0,46 | -0,33 | -0,24 | -0,33 | -0,60 |
| 24 Fabrication de produits non métalliques | -0,15 | -0,26 | -0,21 | -0,14 | -0,18 | -0,25 | -0,18 | -0,09 | -0,30 | -0,25 |
| 25 Fabrication de produits du pétrole et du charbon | -0,05 | -0,07 | -0,06 | -0,04 | -0,06 | -0,04 | -0,07 | -0,01 | -0,06 | -0,05 |
| 26 Industrie chimique | -0,70 | -1,26 | -0,90 | -0,46 | -0,35 | -0,54 | -0,58 | -0,31 | -0,50 | -0,48 |
| 27 Industries manufacturières diverses | -0,42 | -0,40 | -0,21 | -0,40 | -0,12 | -0,35 | -0,14 | -0,15 | -0,17 | -0,17 |
| 28 Construction | -0,95 | -1,49 | -1,32 | -0,87 | -1,15 | -0,95 | -1,19 | -0,72 | -1,40 | -1,09 |
| 29 Transports et entreposage | -2,75 | -4,06 | -3,42 | -2,52 | -3,20 | -2,65 | -3,42 | -1,98 | -3,04 | -2,68 |
| 30 Communications | -0,72 | -0,71 | -0,76 | -0,54 | -0,33 | -0,57 | -0,32 | -1,09 | -0,25 | -0,60 |
| 31 Électricité et gaz | -0,11 | -0,25 | 0,20 | -0,09 | -0,12 | -0,10 | -0,34 | -0,09 | -0,27 | -0,15 |
| 32 Commerce de gros | -1,57 | -1,53 | -1,13 | -0,93 | -0,79 | -1,12 | -0,54 | -0,36 | -0,84 | -0,89 |
| 33 Commerce de détail | -1,30 | -0,79 | -0,82 | -0,56 | -0,36 | -0,37 | -0,26 | -0,23 | -0,07 | -0,38 |
| 34 Finances, assurances et affaires immobilières | -0,04 | -0,20 | -0,31 | -0,01 | 0,11 | 0,02 | 0,17 | 0,10 | 0,21 | -0,01 |
| 35 Enseignement et services médicaux | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 36 Services de divertissement et loisirs | -0,03 | -0,01 | -0,00 | 0,01 | -0,01 | -0,02 | -0,00 | -0,05 | 0,01 | -0,03 |
| 37 Services fournis aux entreprises | 0,46 | 0,46 | 0,33 | 0,63 | 0,64 | 0,56 | 0,81 | 0,46 | 0,99 | 0,49 |
| 38 Hébergement et restauration | -0,08 | -0,09 | -0,13 | -0,01 | 0,01 | -0,00 | 0,04 | 0,11 | 0,03 | -0,01 |
| 39 Autres services personnels | 0,28 | 0,15 | 0,04 | 0,16 | 0,56 | 0,25 | 0,55 | 0,35 | 0,64 | 0,36 |
| 40 Commerce international | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Total des effets d'amont | -29,48 | -32,65 | -37,60 | -27,81 | -25,15 | -23,19 | -19,88 | -12,22 | -20,28 | -20,33 |

Tableau A-4 (suite)

| | Numéro du secteur | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 1 Agriculture | -4,09 | -6,93 | -4,98 | -4,34 | -9,70 | -6,48 | -4,55 | -4,04 | -3,35 | -3,34 |
| 2 Forêts | -0,79 | -1,29 | -1,02 | -1,00 | -1,77 | -1,33 | -1,42 | -1,53 | -0,77 | -0,81 |
| 3 Pêche et chasse | -0,04 | -0,07 | -0,08 | -0,06 | -0,16 | -0,10 | -0,06 | -0,06 | -0,05 | -0,06 |
| 4 Mines métalliques | -0,98 | -1,23 | -1,42 | -0,69 | -1,28 | -0,73 | -1,13 | -0,91 | -0,52 | -0,63 |
| 5 Combustibles minéraux | -0,11 | -0,15 | -0,17 | -0,28 | -4,35 | -0,32 | -0,13 | -0,17 | -0,23 | -0,13 |
| 6 Mines non métalliques | -0,12 | -0,18 | -0,17 | -1,07 | -0,32 | -0,39 | -0,14 | -0,24 | -0,13 | -0,14 |
| 7 Services miniers | 0,09 | 0,10 | 0,06 | 0,11 | 0,47 | 0,12 | 0,07 | 0,15 | 0,07 | 0,04 |
| 8 Industries des aliments et des boissons | -0,35 | -0,59 | -0,53 | -0,48 | -0,97 | -0,90 | -0,48 | -0,40 | -0,36 | -0,38 |
| 9 Industrie du tabac | -0,01 | -0,03 | -0,02 | -0,02 | -0,04 | -0,02 | -0,02 | -0,01 | -0,01 | -0,01 |
| 10 Caoutchouc et produits en matière plastique | -0,09 | -0,35 | -0,26 | -0,09 | 0,12 | -0,14 | -0,23 | -0,15 | -0,22 | -0,13 |
| 11 Industrie du cuir | -0,03 | -0,07 | -0,05 | -0,04 | -0,08 | -0,05 | -0,16 | -0,04 | -0,04 | -0,03 |
| 12 Industrie textile | -0,07 | -0,54 | -0,24 | -0,25 | -0,14 | -0,31 | -0,62 | -0,23 | -0,19 | -0,16 |
| 13 Bonneterie | 0,01 | -0,00 | -0,01 | -0,01 | 0,00 | -0,00 | -0,06 | 0,00 | -0,00 | -0,00 |
| 14 Industrie du vêtement | 0,02 | 0,02 | -0,01 | -0,01 | 0,01 | -0,01 | -0,01 | -0,01 | -0,02 | -0,01 |
| 15 Industrie du bois | -0,47 | -0,80 | -0,73 | -0,65 | -1,40 | -0,75 | -0,95 | -1,69 | -0,79 | -0,86 |
| 16 Industrie du meuble et des articles d'ameublement | -0,07 | -0,07 | -0,14 | -0,09 | -0,04 | -0,08 | -0,06 | -0,10 | -0,08 | -0,12 |
| 17 Industrie du papier et activités connexes | -0,61 | -1,11 | -1,08 | -1,05 | -1,95 | -1,44 | -0,93 | -0,80 | -0,68 | -0,78 |
| 18 Imprimerie, édition | -0,47 | -0,56 | -0,66 | -0,58 | -0,50 | -1,07 | -0,72 | -0,41 | -0,46 | -0,62 |
| 19 Première transformation des métaux | -1,24 | -1,63 | -1,81 | -0,74 | -1,62 | -0,92 | -1,08 | -1,03 | -0,78 | -0,98 |
| 20 Fabrication de produits en métal | -1,20 | -1,11 | -1,08 | -0,55 | -0,36 | -0,69 | -0,75 | -1,69 | -0,78 | -0,88 |
| 21 Fabrication de machines | -0,04 | -0,29 | -0,60 | -0,45 | -0,46 | -0,49 | -0,31 | -0,47 | -0,34 | -0,39 |
| 22 Fabrication de matériel de transport | 0,63 | 0,57 | 0,29 | 0,11 | 0,88 | 0,46 | 0,47 | 0,14 | -0,81 | -0,06 |
| 23 Fabrication de produits électriques | -1,11 | -0,81 | -0,74 | -0,47 | -0,37 | -0,46 | -0,56 | -0,99 | -0,61 | -3,27 |
| 24 Fabrication de produits non métalliques | -0,13 | -0,44 | -0,33 | -0,31 | -0,24 | -0,38 | -0,33 | -1,11 | -0,40 | -0,43 |
| 25 Fabrication de produits du pétrole et du charbon | -0,03 | -0,05 | -0,05 | -0,08 | -0,05 | -0,12 | -0,05 | -0,06 | -0,14 | -0,06 |
| 26 Industrie chimique | -0,28 | -0,48 | -0,65 | -0,57 | -0,91 | -0,58 | -0,80 | -0,42 | -0,33 | -0,36 |
| 27 Industries manufacturières diverses | -0,11 | -0,27 | -0,25 | -0,26 | -0,23 | -0,32 | -0,08 | -0,24 | -0,24 | -0,25 |
| 28 Construction | -0,79 | -1,17 | -1,16 | -1,33 | -1,21 | -1,36 | -1,01 | -0,80 | -2,17 | -2,59 |
| 29 Transports et entreposage | -1,99 | -3,06 | -2,89 | -3,42 | -5,55 | -4,05 | -2,64 | -2,77 | -1,67 | -3,67 |
| 30 Communications | -0,60 | -0,53 | -1,00 | -0,56 | -0,40 | -0,96 | -0,80 | -0,39 | -0,87 | -0,46 |
| 31 Électricité et gaz | -0,06 | -0,11 | -0,16 | -0,36 | -0,20 | -0,36 | -0,13 | -0,09 | -0,13 | -0,15 |
| 32 Commerce de gros | -0,52 | -0,71 | -1,02 | -1,06 | -0,54 | -1,19 | -0,93 | -1,26 | -1,15 | -1,20 |
| 33 Commerce de détail | -0,22 | -0,43 | -0,50 | -0,63 | -0,37 | -0,68 | -0,46 | -0,58 | -0,83 | -0,82 |
| 34 Finances, assurances et affaires immobilières | 0,11 | 0,06 | -0,16 | -0,00 | 0,24 | 0,09 | 0,03 | 0,04 | -0,01 | -0,39 |
| 35 Enseignement et services médicaux | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 36 Services de divertissement et loisirs | -0,02 | -0,01 | -0,05 | -0,02 | 0,00 | -0,06 | -0,04 | -0,01 | -0,02 | -0,60 |
| 37 Services fournis aux entreprises | 0,72 | 0,87 | 0,38 | 0,47 | 1,66 | 0,61 | 0,52 | 0,38 | 0,37 | 0,03 |
| 38 Hébergement et restauration | 0,05 | -0,04 | -0,03 | -0,01 | 0,05 | 0,08 | 0,09 | -0,04 | 0,04 | -0,11 |
| 39 Autres services personnels | 0,35 | 0,30 | 0,22 | 0,47 | 0,43 | 0,42 | 0,27 | 0,45 | 0,49 | -0,08 |
| 40 Commerce international | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Total des effets d'amont | -14,67 | -23,19 | -23,05 | -20,37 | -31,37 | -24,96 | -20,21 | -21,58 | -18,18 | -24,91 |

Tableau A-4 (fin)

| | Numéro du secteur | | | | | | | | | | Total des effets en aval |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | |
| 1 Agriculture | -2,08 | -2,57 | -6,69 | -1,1 | -1,5 | -1,8 | -1,2 | -9,7 | -2,1 | -16,4 | -263,51 |
| 2 Forêts | -0,61 | -0,57 | -0,55 | -0,2 | -0,2 | -0,3 | -0,2 | -0,5 | -0,6 | -3,7 | -55,67 |
| 3 Pêche et chasse | -0,02 | -0,05 | -0,04 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,1 | -2,44 |
| 4 Mines métalliques | -0,33 | -0,31 | -0,30 | -0,1 | -0,1 | -0,1 | -0,0 | -0,2 | -0,1 | -2,7 | -30,27 |
| 5 Combustibles minéraux | -0,06 | -0,13 | -0,12 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,6 | -10,46 |
| 6 Mines non métalliques | -0,07 | -0,07 | -0,07 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,5 | -6,59 |
| 7 Services miniers | 0,14 | 0,02 | 0,02 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 4,46 |
| 8 Industries des aliments et des boissons | -0,16 | -0,35 | -0,39 | -0,1 | -0,1 | -0,1 | -0,1 | -2,3 | -0,2 | -1,4 | -23,51 |
| 9 Industrie du tabac | -0,01 | -0,01 | -0,01 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -1,15 |
| 10 Caoutchouc et produits en matière plastique | 0,04 | -0,10 | -0,10 | -0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -0,0 | 0,0 | -3,68 |
| 11 Industrie du cuir | -0,01 | -0,03 | -0,02 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,1 | -4,97 |
| 12 Industrie textile | -0,03 | -0,19 | -0,20 | -0,0 | -0,1 | -0,0 | -0,0 | -0,3 | -0,3 | -0,4 | -34,93 |
| 13 Bonneterie | 0,00 | -0,01 | -0,01 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | -0,0 | -0,0 | -3,38 |
| 14 Industrie du vêtement | 0,01 | -0,02 | -0,11 | -0,0 | -0,0 | 0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -2,45 |
| 15 Industrie du bois | -0,66 | -0,41 | -0,39 | -0,1 | -0,1 | -0,1 | -0,0 | -0,2 | -0,4 | -1,9 | -28,33 |
| 16 Industrie du meuble et des articles d'ameublement | -0,08 | -0,06 | -0,06 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -2,64 |
| 17 Industrie du papier et activités connexes | -0,29 | -0,64 | -0,61 | -0,2 | -0,2 | -0,1 | -0,1 | -0,4 | -0,2 | -2,2 | -35,53 |
| 18 Imprimerie, édition | -0,24 | -0,73 | -0,54 | -0,3 | -0,3 | -0,7 | -0,3 | -0,3 | -0,3 | -0,6 | -21,84 |
| 19 Première transformation des métaux | -0,48 | -0,44 | -0,44 | -0,1 | -0,1 | -0,1 | -0,1 | -0,2 | -0,1 | -1,4 | -30,71 |
| 20 Fabrication de produits en métal | -0,62 | -0,42 | -0,39 | -0,1 | -0,1 | -0,2 | -0,0 | -0,1 | -0,1 | -0,5 | -20,29 |
| 21 Fabrication de machines | -0,24 | -0,26 | -0,33 | -0,1 | -0,1 | -0,1 | -0,0 | -0,2 | -0,1 | -1,1 | -17,05 |
| 22 Fabrication de matériel de transport | 0,32 | -0,20 | -0,20 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | -0,0 | 0,1 | 0,1 | -2,9 | 5,46 |
| 23 Fabrication de produits électriques | -1,23 | -0,40 | -0,43 | -0,2 | -0,2 | -0,2 | -0,1 | -0,1 | -0,2 | -0,7 | -21,49 |
| 24 Fabrication de produits non métalliques | -0,38 | -0,14 | -0,14 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,1 | -0,0 | -0,3 | -9,24 |
| 25 Fabrication de produits du pétrole et du charbon | -0,05 | -0,06 | -0,06 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,1 | -2,56 |
| 26 Industrie chimique | -0,27 | -0,25 | -0,26 | -0,0 | -0,3 | -0,1 | -0,0 | -0,1 | -0,7 | -0,9 | -21,40 |
| 27 Industries manufacturières diverses | -0,16 | -0,16 | -0,16 | -0,0 | -0,2 | -0,6 | -0,0 | -0,1 | -0,2 | -0,3 | -8,87 |
| 28 Construction | -3,04 | -1,04 | -1,07 | -0,9 | -0,4 | -0,7 | -0,3 | -0,4 | -0,4 | -2,0 | -49,59 |
| 29 Transports et entreposage | -1,30 | -2,78 | -1,88 | -0,7 | -0,8 | -1,1 | -0,7 | -1,4 | -1,0 | -6,0 | -107,83 |
| 30 Communications | -0,28 | -1,42 | -1,22 | -0,9 | -1,3 | -0,6 | -0,9 | -0,3 | -0,4 | -0,5 | -24,91 |
| 31 Électricité et gaz | 0,01 | -0,13 | -0,23 | -0,0 | -0,0 | -0,1 | -0,0 | -0,0 | -0,0 | -0,2 | -6,04 |
| 32 Commerce de gros | -0,55 | -0,47 | -0,76 | -0,2 | -0,3 | -0,2 | -0,1 | -0,5 | -0,4 | -1,4 | -33,47 |
| 33 Commerce de détail | -0,27 | -0,65 | -0,38 | -0,2 | -0,3 | -0,8 | -0,3 | -0,8 | -0,4 | -0,7 | -21,72 |
| 34 Finances, assurances et affaires immobilières | 0,14 | -0,13 | -0,13 | 0,1 | 0,1 | -0,0 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | -0,1 | 1,60 |
| 35 Enseignement et services médicaux | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,06 |
| 36 Services de divertissement et loisirs | -0,00 | -0,08 | -0,08 | -0,0 | -0,0 | -0,8 | -0,0 | -0,1 | -0,0 | -0,0 | -2,36 |
| 37 Services fournis aux entreprises | 0,63 | 0,05 | 0,14 | 0,3 | 0,3 | 0,5 | 0,4 | 0,6 | 0,4 | 1,1 | 23,15 |
| 38 Hébergement et restauration | 0,03 | 0,11 | 0,04 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | -0,0 | 0,68 |
| 39 Autres services personnels | 0,23 | 0,25 | 0,18 | 0,2 | 0,5 | 0,6 | 0,4 | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 14,75 |
| 40 Commerce international | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,00 |
| Total des effets d'amont | -11,95 | -14,81 | -17,97 | -5,5 | -6,9 | -8,3 | -4,4 | -17,9 | -8,5 | -49,5 | -858,50 |

*En dollars constants de 1971

SOURCE D'après des données de Statistique Canada et celles des tableaux 3-1 et 3-2

$$\text{(A.27)} \quad \ell_{(40)1} = \ell_1' \begin{bmatrix} (Da)_1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

où $(Da)_1$, qui se définit au moyen des formules du modèle (A.11) est simplement le dernier vecteur colonne de la matrice $A$ à la période un. Notons que $(Da)_1$ représente le vecteur des coefficients de la structure des exportations totales pour chaque secteur d'activité à la période un et que, par conséquent, $i'(Da)_1 = 1$. En outre, comme le secteur du commerce international « produit » essentiellement des importations pour les échanger contre des exportations, la formulation (A.27) semble fort raisonnable, puisque c'est une moyenne pondérée des coefficients de main-d'œuvre directe de tous les secteurs, les pondérations étant proportionnelles à l'importance relative des exportations des divers secteurs par rapport aux exportations totales. De même, pour la période numéro deux, on pose :

$$\text{(A.28)} \quad \ell_{(40)2} = \ell_2' \begin{bmatrix} (Da)_2 \\ 0 \end{bmatrix}$$

où la notation et l'interprétation sont tout à fait analogues à celles de la période un. Ainsi, le coefficient artificiel de main-d'œuvre directe utilisé dans la technique de décomposition modifiée est simplement :

$$\text{(A.29)} \quad \ell_{(40)} = \tfrac{1}{2}(\ell_{(40)1} + \ell_{(40)2})$$

Définissons un nouveau vecteur ligne :

$$\text{(A.30)} \quad {}^{\bullet}\ell' = (0, \ldots, 0, \ell_{(40)})$$

qui est formé d'une série d'éléments nuls (39 éléments) et, enfin, du coefficient artificiel de main-d'œuvre directe défini par l'équation (A.29). On peut alors présenter au complet les formules de décomposition modifiées :

$$\text{(A.31)} \quad {}^{\bullet}\Delta_D' = \Delta\ell'(I + \hat{a}) + \ell'(\Delta A) + {}^{\bullet}\ell'(\Delta A)$$

$$\text{(A.32)} \quad {}^{\bullet}\Delta_I' = \Delta\ell'(A - \hat{a} + B) + \ell'(\Delta B) - {}^{\bullet}\ell'(\Delta A)$$

$$\text{(A.33)} \quad {}^{\bullet}\Delta_S = \widehat{\Delta\ell}(A - \hat{a} + B)i + \hat{\ell}(\Delta B)i - {}^{\bullet}\hat{\ell}(\Delta A)i$$

D'après les équations (A.30) et (A.31), il est facile de voir que la définition modifiée des variations dues aux effets propres, ${}^{\bullet}\Delta_D'$ est maintenant sensible aux variations des coefficients de l'ensemble des facteurs intermédiaires importés des divers secteurs et que la direction et l'ampleur de cette sensibilité sont logiques. La formule modifiée (A.32) des variations dues aux effets d'amont, ${}^{\bullet}\Delta_I'$ est un résultat direct de la condition :

$${}^{\bullet}\Delta_D' + {}^{\bullet}\Delta_I' = \Delta\lambda' = \lambda_2' - \lambda_1'$$

Enfin, la formulation modifiée (A.33) des variations dues aux effets en aval, ${}^{\bullet}\Delta_S$, satisfait l'identité :

$$i'{}^{\bullet}\Delta_S = {}^{\bullet}\Delta_I' i$$

On peut voir facilement que toutes les composantes du vecteur colonne ${}^{\bullet}\Delta_S$ demeurent inchangées après cette modification, sauf dans le cas du secteur du commerce international, où les effets en aval absorbent toutes les modifications apportées (avant les modifications, $\Delta_S$ était défini par l'équation (A.25) et les variations dues aux effets en aval du secteur du commerce international étaient nulles par définition).

Les effets de la modification des formules de décomposition sur les résultats empiriques sont en général très faibles. Dans le texte principal, ces modifications sont apportées seulement quand on veut des résultats de décomposition plus sensibles comme, par exemple, au chapitre 4. Le chapitre 5 présente une comparaison détaillée des estimations de productivité calculées à partir des formules générales et des formules modifiées. Rappelons que les résultats relatifs à la productivité globale du travail demeurent inchangés après la modification décrite dans cette section.

## Le raisonnement mathématique utilisé dans l'analyse de la recherche et du développement

L'analyse de la recherche et du développement (R et D) au chapitre 4 repose sur des estimations des

dépenses, par secteur d'activité, en R et D (directe et indirecte) par unité de production destinée à la demande finale. Les sources statistiques des données de R et D et les transformations nécessaires à la production d'estimations en R et D sont examinées à l'appendice B. La présente section a pour objet de présenter les formules mathématiques utilisées dans le calcul et la décomposition des dépenses en R et D totale.

On mentionne au chapitre 4 que l'analyse du contenu en R et D est semblable à une analyse des besoins totaux en main-d'œuvre (par unité de production). Cependant, il existe des nuances subtiles dans la perspective de ces deux techniques. Pour résumer, le vecteur ligne du contenu en R et D totale par unité de production est simplement :

$$\rho' = r'(I - A^*_{11})^{-1} \qquad \text{(A.34)}$$

où $r'$ est un vecteur ligne des coefficients de R et D directe dans chaque secteur producteur (39 secteurs) analysé (chaque coefficient est le ratio des dépenses en R et D par rapport à la production brute d'un secteur donné) et la matrice $A^*_{11}$ est le résultat d'une modification du modèle de base d'entrées-sorties décrit à la première section, où maintenant :

$$A^*_{11} = D(B + C) \qquad \text{(A.35)}$$

si l'on conserve la notation utilisée dans l'équation de base (A.11). En effet, la formule modifiée fait abstraction du commerce international. Nous ne voulons pas supposer que le contenu en R et D des importations intermédiaires du Canada est uniquement déterminé par le contenu en R et D des exportations canadiennes; par ailleurs, nous ne disposons pas d'observations directes pour le Canada sur le contenu en R et D des importations de facteurs intermédiaires et de biens de remplacement du capital fixe. La forme modifiée (A.35) suppose essentiellement que le contenu en R et D des importations canadiennes est équivalent au contenu en R et D des produits des industries canadiennes (situées au pays) supplantés par des importations de produits concurrentiels. (Nos expériences révèlent que c'est là l'hypothèse la plus efficace et la plus pratique pour l'analyse de régression du chapitre 4.)

Dans une dizaine de secteurs producteurs, les coefficients de R et D directe du vecteur ligne $r'$ sont nuls. Les formulations (A.34) et (A.35) sont assez semblables à l'équation (A.14) qui définit le vecteur ligne des besoins totaux en main-d'œuvre par unité de production. Mais lorsqu'on veut effectuer une analyse de décomposition de la formule (A.34), comme au chapitre 4, on découvre une différence notable entre ces formules. L'analyse de la R et D porte seulement sur l'origine industrielle du contenu en R et D totale dans chaque secteur d'activité. Nous ne cherchons pas à mesurer les besoins en R et D totale d'un secteur pour analyser la « productivité » de la R et D. À cause de cette différence de perspective, il est possible et raisonnable de définir le contenu, par unité de production, en R et D directe et propre de tous les secteurs comme étant simplement le vecteur ligne $r'$ des coefficients des entrées de R et D directe.

$$r'(I - A^*_{11})^{-1} - r' = r'(I - A^*_{11})^{-1}A^*_{11} \qquad \text{(A.36)}$$

Notons que la décomposition est maintenant plus simple. Les coefficients de R et D directe et les coefficients de R et D indirecte sont bien définis à chaque point donné dans le temps, et on peut mesurer facilement les variations temporelles et les taux de croissance correspondants. Il est clair que $r'$ et (A.36) garantissent que le total des coefficients de R et D directe et des coefficients de R et D indirecte satisfait à la condition (A.34). La différence entre la décomposition des besoins totaux en main-d'œuvre et celle du contenu en R et D totale constitue un exemple des diverses définitions qu'on peut appliquer à l'analyse des entrées-sorties (voir Parikh, 1975, pour un exposé plus général).

Il est aussi possible de transformer le vecteur ligne (A.36) des coefficients des entrées de R et D indirecte en un vecteur colonne des coefficients des sorties de R et D indirecte au moyen de l'expression :

$$\hat{r}(I - A^*_{11})^{-1}A^*_{11}i \qquad \text{(A.37)}$$

où $\hat{r}$ est une matrice diagonale dont les éléments diagonaux sont les coefficients de R et D directe et $i$ est un vecteur colonne d'unités. Toutefois, dans l'analyse du taux de croissance présentée au chapitre 4, il s'avère qu'il existe une forte corrélation entre les taux de croissance des coefficients des entrées de R et D directe calculés à partir de $r'$ et ceux des coefficients des sorties de R et D indirecte estimés au moyen de l'expression (A.37). Ce résultat n'est pas surprenant parce que les éléments du vecteur colonne :

$$(I - A^*_{11})^{-1}A^*_{11}i$$

changent très peu dans le temps par rapport aux éléments du vecteur ligne $r'$.

Enfin, on doit noter que l'analyse de la R et D décrite au chapitre 4 se fait en termes de R et D interne et de R et D externe, pour la période 1966-1976.

## Extension du modèle de base

Au chapitre 6, on décrit un prolongement de l'analyse qui permet de calculer les besoins totaux en main-d'œuvre par unité de production (destinée à la demande finale). Ce prolongement comportait l'inclusion dans le calcul de base de l'équivalent en main-d'œuvre de l'intérêt sur le capital fixe et des dividendes versés à partir des excédents du compte d'exploitation. Il est facile d'étendre le modèle de base pour englober ce facteur additionnel mais, comme nous le verrons, on a plutôt utilisé une autre méthode (qui est équivalente). On peut prolonger le modèle simplement en récrivant l'équation (A.2) ainsi :

$$\text{(A.2a)} \quad q + m = Bg + Cg + Rg + e^{\bullet} + x$$

où la matrice $R$ se définit :

$$\text{(A.38)} \quad R = K\hat{p}$$

où $K$ représente une matrice de la structure du stock net de capital fixe (ventilé selon le genre de biens de capital fixe et le secteur de destination) et $i'K = i'$; $\hat{p}$ est une matrice diagonale formée à partir des éléments du vecteur $p$, dont chacun correspond au rapport entre les intérêts totaux et les dividendes versés, d'une part, et la production totale brute de chaque secteur, d'autre part; enfin, $e^{\bullet} = e - Rg$. Toutes les autres équations du modèle de base demeurent inchangées. Si l'on ajoute cette équation révisée au modèle, le vecteur ligne des besoins totaux en main-d'œuvre par unité de production, que représentait la formule (A.14), devient alors :

$$\text{(A.14a)} \quad \lambda^{\bullet\prime} = \ell'(I - A^{\bullet})^{-1}$$

où :

$$A^{\bullet} = \begin{pmatrix} A^{\bullet}_{11} & A_{12} \\ A^{\bullet}_{21} & A_{22} \end{pmatrix}$$

et :

$$A^{\bullet}_{11} = D(I - \hat{\mu})(B + C + R)$$

$$A^{\bullet}_{21} = i'\hat{\mu}(B + C + R) + i^{\bullet\prime}N$$

$A_{12}$ et $A_{22}$ demeurent les mêmes.

Cette méthode, n'est cependant pas celle qu'on a appliquée au calcul des chiffres du tableau 6-1. Nous avons plutôt utilisé la matrice $A$ sans la modifier, comme nous le verrons maintenant.

Dans cette deuxième méthode, on augmente la matrice $A$ au moyen des éléments suivants :

$$\text{(A.39)} \quad E = \begin{pmatrix} A & O \\ P & O \end{pmatrix}$$

où :

$$O = \begin{bmatrix} D(I - \hat{\mu})K \\ i'\hat{\mu}K \end{bmatrix}$$

et :

$$P = (\hat{p}\ o)$$

La matrice diagonale $\hat{p}$ doit aussi être augmentée pour qu'elle soit conforme à la matrice $A$; la colonne supplémentaire contient des zéros (ce qui signifie des paiements d'intérêt nuls dans le secteur d'échange du commerce international; cela n'a aucun effet sur notre analyse). Supposons que le calcul modifié des besoins totaux en main-d'œuvre se fait maintenant à l'aide de l'équation :

$$\text{(A.40)} \quad \lambda^{\bullet\bullet\prime} = \ell^{\bullet\bullet\prime}(I - E)^{-1}$$

où :

$$\text{(A.41)} \quad \ell^{\bullet\bullet\prime} = (\ell', 0, \ldots 0)$$

Dans le cas présent, 39 zéros seront ajoutés. On peut aussi écrire :

$$\text{(A.42)} \quad \lambda^{\bullet\bullet\prime} = (\lambda^{\bullet\bullet\prime}_1, \lambda^{\bullet\bullet\prime}_2)$$

où le premier sous-vecteur renferme 40 éléments, le deuxième 39, dans le cas présent. La question essentielle est :

$$\text{(A.43)} \quad \lambda^{**\prime} \stackrel{?}{=} \lambda^{**\prime}_{1}$$

Si cette égalité est vraie, nous pouvons calculer les besoins en main-d'œuvre dans le modèle étendu de manière directe sans modifier la matrice $A$. En effet, la matrice augmentée $E$ (A.39) possède elle-même une interprétation économique parfois utilisée dans l'analyse des entrées-sorties.

Il est facile de voir que, étant donné que nous nous intéressons seulement au sous-vecteur $\lambda^{**\prime}_{1}$ de $\lambda^{**\prime}$ dans la formule (A.42), la preuve de l'égalité postulée en (A.43) dépend de la sous-matrice au coin supérieur gauche de la matrice inverse $(I - E)^{-1}$, où $E$ est défini en (A.39). Grâce à la formule bien connue d'inversion d'une matrice par partition (voir Almon, 1967), on obtient :

$$(I-E)^{-1} = \begin{bmatrix} (I-A) & -Q \\ -P & I \end{bmatrix}^{-1}$$

$$= \begin{pmatrix} F_{11} & F_{12} \\ F_{21} & F_{22} \end{pmatrix}$$

où :

$$F_{11} = (I-A)^{-1} + (I-A)^{-1} \times$$
$$\times \; Q\,[I - P(I-A)^{-1}\,Q]^{-1}\; P(I-A)^{-1}$$

On peut également démontrer que $F_{11}$ se réduit simplement à $(I - A - QP)^{-1}$, en appliquant une série d'identités de l'algèbre matricielle. Il s'ensuit donc des équations (A.40) et (A.41) que :

$$\lambda^{**\prime}_{1} = \ell'\,(I - A - QP)^{-1}$$

Mais :

$$QP = \begin{bmatrix} D(I-\hat{\mu})K \\ i'\hat{\mu}K \end{bmatrix} (\hat{p}\; o)$$

$$= \begin{bmatrix} D(I-\hat{\mu})K\hat{p} & o \\ i'\hat{\mu}K\hat{p} & o \end{bmatrix}$$

et :

$$K\hat{p} = R$$

La preuve de l'égalité (A.43) est donc directe, étant donné la composition de la matrice $A^*$ dans la formule (A.14a) et celle de la matrice $A$ dans la formule (A.11) du modèle de base.

On mentionne au chapitre 6 que les résultats empiriques se rapportant aux années 1973-1978 doivent être considérés comme expérimentaux, parce que les données statistiques nécessaires pour former la matrice diagonale $\hat{p}$ ne sont connues que pour l'année 1976 (quelques ajustements ont été apportés aux données de 1976 afin de rendre utilisables certaines données que l'on possède sur 1973 et 1978[7]). En outre, notre approximation statistique de la matrice $K$ pour 1973 et 1978 est assez rudimentaire. En effet, il faudrait aussi ajouter à la matrice $K$ une matrice des stocks ventilés selon le genre de produit et le secteur de destination; aucune matrice de ce type ni aucune approximation n'existent à l'heure actuelle. Toutefois, on croit qu'aucun biais marqué n'a été introduit par nos méthodes d'ajustement et d'approximation dans les résultats qui figurent au tableau 6-1.

## B Les données statistiques
*par Leslie Wesa*

### Les données d'entrées-sorties

Il a fallu demander des données à la Division de l'analyse structurelle de Statistique Canada à différents moments au cours de la présente étude. Chaque demande comportait en réalité six demandes sur les années 1961, 1966, 1971, 1973, 1976 et 1978. Les données étaient toujours exprimées en prix constants de 1971 et le degré d'agrégation était toujours le niveau M modifié. Nous avons pris pour acquis que le lecteur connaît la terminologie utilisée par la Division de l'analyse structurelle de Statistique Canada. Une description de cette notation figure habituellement au début des publications de tableaux d'entrées-sorties. (Voir, par exemple, *La structure par entrées-sorties de l'économie canadienne*, 1961-1974, Statistique Canada, n° 15-508F au catalogue).

L'agrégation a été obtenue en faisant deux ajustements importants du niveau d'agrégation M souvent utilisé dans l'analyse intersectorielle. Premièrement, on a supprimé les logements occupés par leurs propriétaires, correspondant à l'industrie n° 34 et au produit n° 82. Autrement dit, on a éliminé de la matrice (transposée) de la production et de la matrice des utilisations les lignes 82 et les colonnes 34, et les secteurs d'activité suivants du niveau d'agrégation M ont été renumérotés en conséquence dans les tableaux de la présente étude. Deuxièmement, on a supprimé trois industries fictives et regroupé les données en question dans des secteurs et des produits réels. Les trois secteurs éliminés étaient l'industrie n° 41, les marges sur les transports (produit n° 90), l'industrie n° 42, les fournitures pour l'exploitation de bureaux, de laboratoires et de cafétérias (produit n° 91), et l'industrie n° 43, le tourisme, la promotion et la publicité (produit n° 92). On a tout simplement exclu ces résultats des matrices de la production et des utilisations. Cependant, il a fallu répartir de nouveau les données sur ces trois produits fictifs dans des catégories d'utilisation d'entrées de produits réels par des secteurs réels. En ce qui concerne les marges sur les transports, cette nouvelle répartition est facile à réaliser puisqu'il existe une parfaite correspondance (dans le système M) entre ce produit fictif et le produit réel, le transport et l'entreposage n° 74. Quant aux deux autres produits fictifs, la nouvelle répartition a été plus compliquée et a exigé d'abord le calcul de vecteurs unitaires de la structure des entrées de produits réels dans les deux secteurs fictifs correspondants. Ces vecteurs ont permis de transformer les secteurs réels en entrées de produits réels en fonction des entrées de produits fictifs indiquées dans la matrice des utilisations. Le niveau d'agrégation « M mofifié » comprend donc 39 (43 moins 4) secteurs réels et 88 (92 moins 4) produits concurrentiels réels.

Nos données de base étaient deux vecteurs et deux matrices pour chacune des six années mentionnées plus haut. Il fallait aussi un vecteur à 88 composantes des coefficients des importations de produits concurrentiels, $\mu$, dont la définition implicite est $m = \hat{\mu}(Bg + e^* - a - v)$ [1]. On a dû également calculer les produits $D(I - \hat{\mu})B$ et $D\hat{\mu}B$, où $D$ est une matrice des parts du marché intérieur, $B$ est une matrice de la technologie dans chaque secteur et les deux produits forment une matrice 39 x 39. Enfin, on a constitué un vecteur de la structure unitaire des exportations dans chaque secteur, $Da$, où $a = (i'x)^{-1}x$, et où $x$ se limite à l'espace des produits concurrentiels examinés dans cette étude.

### Calcul de la matrice des coefficients de remplacement du capital

La plupart des calculs nécessaires à la production d'une matrice des coefficients de remplacement du capital ont été effectués au Conseil économique, mais les données d'entrée ont été fournies par Statistique Canada. La première étape a consisté à générer un ratio global du capital et de la production dans chacun des 39 secteurs du niveau d'agrégation M modifié. Le stock brut de capital fixe au milieu de l'année, en dollars constants de 1971, a été utilisé pour mesurer le capital. On a tiré ces renseignements de la base de données CANSIM,

mais les mêmes chiffres sont aussi publiés annuellement dans la publication *Flux et stocks de capital fixe* (n° 13-211 au catalogue de Statistique Canada). Le bâtiment et les travaux de génie ont été regroupés pour représenter le stock de capital affecté à la construction; le matériel et l'outillage, ainsi que les biens d'équipement imputés sur les dépenses d'exploitation ont été combinés pour représenter le stock de capital affecté au matériel et à l'outillage. Comme la ventilation industrielle était assez différente de celle du niveau d'agrégation M modifié, on a dû faire quelques ajustements.

Le tableau B-1 montre la correspondance entre les secteurs de l'agrégation des données sur le stock de capital et ceux du niveau d'agrégation M. Dans deux cas, l'agrégation des données sur le stock de capital est plus détaillée que l'agrégation M. On a résolu ce problème en regroupant les composantes de l'agrégation des chiffres sur le stock de capital pour obtenir le niveau d'agrégation M, en particulier dans le secteur des transports et de l'entreposage n° 29) et celui des communications (n° 30). Dans les autres cas, l'agrégation des données sur le stock de capital est moins détaillée que le degré d'agrégation M. Par exemple, les chiffres sur le stock de capital portent seulement sur l'ensemble de l'industrie minière, tandis que le niveau d'agrégation M distingue les mines métalliques (n° 4), les combustibles minéraux (n° 5), les mines non métalliques (n° 6) et les services miniers (n° 7). Au lieu d'estimer le stock de capital pour chacune de ces composantes, ce que Statistique Canada ne pensait pas pouvoir faire, faute de données, nous avons retenu seulement le stock de capital de l'ensemble de l'industrie minière. Pour faire le calcul des ratios du capital et de la production pour chaque secteur, nous avons divisé le total du stock de capital par la production totale et appliqué le même ratio à chacune des composantes du secteur en question. Ainsi, les quatre secteurs de l'industrie minière (niveau d'agrégation M) ont le même ratio, tout comme ceux du commerce de gros (n° 32), du commerce de détail (n° 33), de l'enseignement et des services médicaux (n° 35), des services de divertissement et loisirs (n° 36), des services fournis aux entreprises (n° 37), de l'hébergement et de la restauration (n° 38) et des autres services personnels (n° 39). Notons que le secteur de l'enseignement et des services médicaux (n° 35) a été doté du même ratio du capital et de la production que les services commerciaux. Nous avons quand même examiné de près l'enseignement et les services médicaux, mais sans pouvoir estimer un ratio avec assez d'assurance.

Le dénominateur de chaque ratio correspond à la production totale qui figure aux tableaux d'entrées-sorties. Il a fallu apporter une correction dans l'industrie des communications (n° 30). Comme la mesure du stock de capital dans les communications n'incluait pas les bureaux de poste, on a dû soustraire la production des bureaux de poste de la production de cette industrie.

Pour répartir chacun des 39 ratios du capital et de la production dans les 39 secteurs d'activité, nous avions besoin d'une « matrice de capital » indiquant pour chaque secteur la demande finale de capital des autres secteurs. Statistique Canada a produit une approximation de cette matrice. Nous avons demandé une ventilation selon le secteur de la valeur des produits d'entrée (au niveau d'agrégation S) destinés à la demande finale de construction et de matériel et d'outillage (au niveau d'agrégation L). L'article 46 du niveau d'agrégation S, les impôts indirects nets, devrait être fixé à zéro. Deux genres de chiffres devaient être produits, l'un en dollars constants de 1971 avec des totaux indiqués pour chaque colonne, l'autre en forme normalisée de manière que la somme des éléments d'une colonne soit égale à 1. Malheureusement, nous n'avons pas pu obtenir des données au niveau d'agrégation nécessaire et il a fallu faire encore des ajustements. Le tableau B-2 présente la correspondance entre les produits de la « matrice de capital » et les secteurs du niveau d'agrégation M, tandis que le tableau B-3 montre la correspondance entre les secteurs (c'est-à-dire les colonnes) du degré d'agrégation M et les modifications qu'il a fallu apporter.

Étant donné que nous avions des données distinctes sur la demande finale de matériel et d'outillage dans chaque secteur et sur la demande de construction, la matrice de capital normalisée est de 39 x 78. Les 39 premières colonnes, qui montrent la demande finale de matériel et d'outillage, contiennent un 0 à la ligne 28 et une valeur pouvant aller de 0 à 1 à toutes les autres lignes. Les 39 dernières colonnes, qui montrent la demande de construction, contiennent un 1 à la ligne 28 (pour l'industrie de la construction) et un 0 à toutes les autres lignes.

Le ratio entre le capital affecté au matériel et à l'outillage et la production du secteur *i* peut alors se répartir selon la distribution industrielle de la demande de matériel et d'outillage dans chaque secteur *i*, c'est-à-dire en fonction des coefficients de la colonne *i* de la matrice de capital normalisée. De la même façon, on peut calculer le ratio entre le capital affecté à la construction et la production du secteur *i* en fonction des coefficients à la colonne 2*i* de la matrice de capital normalisée. Autrement dit, 100 % du ratio entre le capital affecté à la construction et la production de l'industrie *i* peut figurer à la rangée 28 de la colonne 2*i* de la nouvelle matrice. Une fois tous ces calculs terminés, on a regroupé les 39 dernières colonnes avec les 39 premières pour former une « matrice 39 x 39 des sorties de capital ».

Tableau B-1

Correspondance entre les secteurs d'activité utilisés pour l'agrégation des données sur le stock de capital et ceux du niveau d'agrégation M modifié

| Niveau d'agrégation M modifié | Niveau d'agrégation des données sur le stock de capital |
|---|---|
| 1 Agriculture | Agriculture |
| 2 Forêts | Activités forestières |
| 3 Pêche et chasse | Pêche |
| 4 Mines métalliques | Mines, carrières et puits de pétrole |
| 5 Combustibles minéraux | |
| 6 Mines non métalliques | |
| 7 Services miniers | |
| 8 Industrie des aliments et des boissons | Aliments et boissons |
| 9 Industrie du tabac | Tabacs |
| 10 Caoutchouc et produits en matière plastique | Industrie du caoutchouc |
| 11 Industrie du cuir | Cuir |
| 12 Industrie textile | Textiles |
| 13 Bonneterie | Bonneterie |
| 14 Industrie du vêtement | Vêtements |
| 15 Industrie du bois | Bois |
| 16 Industrie du meuble et des articles d'ameublement | Meubles et accessoires |
| 17 Industrie du papier et activités connexes | Papiers et industries connexes |
| 18 Imprimerie, édition | Impression et publication |
| 19 Première transformation des métaux | Métaux primaires |
| 20 Fabrication de produits en métal | Fabrication métallique |
| 21 Fabrication de machines | Machines |
| 22 Fabrication de matériel de transport | Matériel de transport |
| 23 Fabrication de produits électriques | Appareils et fournitures électriques |
| 24 Fabrication de produits non métalliques | Produits des minéraux non métalliques |
| 25 Fabrication de produits du pétrole et du charbon | Dérivés du pétrole et du charbon |
| 26 Industrie chimique | Produits chimiques |
| 27 Industries manufacturières diverses | Industries diverses |
| 28 Construction | Construction |
| 29 Transports et entreposage | Transport aérien |
| | Transport par chemin de fer |
| | Transport par eau et services |
| | Transport routier |
| | Transport urbain |
| | Oléoducs et gazoducs |
| | Routes et ponts à péage |
| | Silos à céréales |
| | Entreposage |
| 30 Communications | Radiodiffusion |
| | Services téléphoniques |
| 31 Électricité et gaz | Énergie électrique et distribution du gaz |
| 32 Commerce de gros | Commerce |
| 33 Commerce de détail | |
| 34 Finances, assurances et affaires immobilières | Finances, assurances et immeubles |
| 35 Enseignement et services médicaux | Services commerciaux |
| 36 Services de divertissement et loisirs | |
| 37 Services fournis aux entreprises | |
| 38 Hébergement et restauration | |
| 39 Autres services personnels | |

SOURCE Se référer au texte.

Le résultat de ces calculs a été une matrice présentant le stock de capital du secteur *j* obtenu du secteur *i* par rapport à la production du secteur *j*. Mais ce que nous voulions, c'est le stock de capital obtenu du secteur *i* et utilisé au cours de l'année *t* par le secteur *j*, par rapport à la production du secteur *j*, soit une « matrice des coefficients de remplacement du capital ». Pour obtenir cette matrice, on a divisé chaque élément de la matrice des sorties de capital par une matrice 39 x 39 de durées de vie hypothétiques, qui représentait la durée de vie de chaque composante du ratio du capital et de la production.

Les hypothèses relatives à la durée de vie proviennent de trois sources. Pour les secteurs du caoutchouc et des produits en matière plastique (n° 10), du cuir (n° 11), du textile (n° 12), du bois (n° 15), du meuble et des articles d'ameublement (n° 16), de

**Tableau B-2**

**Correspondance entre les produits de la «matrice de capital» et les secteurs d'activité du niveau d'agrégation M modifié**

| Niveau d'agrégation M modifié | Produits de la matrice de capital |
|---|---|
| 10 Caoutchouc et produits en matière plastique | Caoutchouc, cuir et produits en matière plastique |
| 12 Industrie textile | Textiles |
| 15 Industrie du bois | Bois de construction, produits de scierie et autres produits de bois |
| 16 Industrie du meuble et des articles d'ameublement | Meubles et accessoires |
| 18 Imprimerie, édition | Impression et édition |
| 20 Fabrication de produits en métal | Fabrication de produits métalliques |
| 21 Fabrication de machines | Machines et matériel |
| 22 Fabrication de matériel de transport | Automobiles, camions et autre matériel de transport |
| 23 Fabrication de produits électriques | Produits électroniques et matériel de télécommunication |
| 24 Fabrication de produits non métalliques | Produits minéraux non métalliques |
| 27 Industries manufacturières diverses | Produits manufacturés divers |
| 32 Commerce de gros | Marges sur le commerce en gros |
| 33 Commerce de détail | Marges sur le commerce de détail |
| 29 Transports et entreposage | Marges sur le transport |

SOURCE Se référer au texte.

Tableau B-3

Correspondance entre les secteurs d'activité de la «matrice de capital» et ceux du niveau d'agrégation M modifié, cas spéciaux seulement

| Agrégation M modifié | Secteurs d'activité de la matrice de capital |
|---|---|
| 1 Agriculture | Agriculture et pêche |
| 3 Pêche et chasse | Agriculture et pêche |
| 4 Mines métalliques | Mines, carrières et puits de pétrole |
| 5 Combustibles minéraux | Mines, carrières et puits de pétrole |
| 6 Mines non métalliques | Mines, carrières et puits de pétrole |
| 7 Services miniers | Mines, carrières et puits de pétrole |
| 13 Bonneterie | Industrie du vêtement et du tricot |
| 14 Industrie du vêtement | Industrie du vêtement et du tricot |
| 29 Transports et entreposage | Transports par rail |
| | Transports urbains |
| | Transports et services par eau |
| | Transports par camion |
| | Élévateurs à grains |
| | Transports aériens |
| 30 Communications | Téléphones |
| | Radiodiffusion |
| 31 Électricité et gaz | Électricité |
| | Distribution du gaz |
| 32 Commerce de gros | Commerce |
| 33 Commerce de détail | Commerce |
| 35 Enseignement et services médicaux | Services commerciaux |
| 36 Services de divertissement et loisirs | Services commerciaux |
| 37 Services fournis aux entreprises | Services commerciaux |
| 38 Hébergement et restauration | Services commerciaux |
| 39 Autres services personnels | Services commerciaux |

NOTES Quand la ventilation des industries de la matrice de capital était moins détaillée que le niveau d'agrégation M modifié, on a reproduit le vecteur colonne normalisé des industries agrégées pour chacune des branches de l'agrégation M qui correspondait à une industrie de la matrice de capital. Dans le cas où la ventilation des industries de la matrice de capital était plus détaillée que le niveau d'agrégation M modifié, on a calculé le total des entrées de chaque produit (en dollars de 1971) pour l'ensemble des branches de la matrice de capital qui correspondaient à une industrie de l'agrégation M. Le vecteur ainsi obtenu était ensuite normalisé et devenait l'observation pour l'industrie de l'agrégation M.

SOURCE Se référer au texte.

l'imprimerie et de l'édition (n° 18), de la fabrication de produits en métal (n° 20), la majeure partie des secteurs de la fabrication de matériel de transport (n° 22), de la fabrication de produits électroniques (n° 23), de la fabrication de produits non métalliques (n° 24) et l'industrie chimique (n° 26), on a utilisé une étude réalisée par Postner (1979) fondée sur des hypothèses semblables ou une étude de Grosse (1953) qui contient des hypothèses au sujet de certains secteurs aux États-Unis. Dans la plupart des secteurs mentionnés ci-dessus, on a supposé que la durée de vie du capital issu d'un secteur était identique, quel que soit le secteur qui l'utilisait.

Pour le secteur de la fabrication de machines (n° 21), une partie du secteur de la fabrication de matériel de transport (n° 22) et le secteur de la construction (n° 28), les chiffres sur la durée de vie sont basés sur des données publiées dans le bulletin *Flux et stocks de capital fixe* (n° 13-211 au catalogue de Statistique Canada). La durée de vie du capital de ces trois secteurs est différente selon le secteur qui l'utilisait. Dans certains cas, les renseignements sont très détaillés comme, par exemple, dans l'agriculture (n° 1) où on a supposé différentes durées de vie pour les voitures particulières et les véhicules utilitaires. Ensuite, on a calculé la durée de vie du capital produit par le secteur de la fabrication de matériel de transport pour l'industrie de l'agriculture en prenant une moyenne pondérée des deux durées de vie observées, les poids étant la proportion relative de voitures particulières et de véhicules utilitaires dans le stock de capital de l'agriculture. La durée de vie du bâtiment et des travaux de génie est également différente dans la plupart des secteurs, et le calcul d'une durée de vie pour le capital issu du secteur de la construction (n° 28) a été fait de la même manière.

La durée de vie hypothétique du capital produit par les secteurs des transports et de l'entreposage (n° 29), du commerce de gros (n° 32), du commerce de détail (n° 33), pour le secteur *j* a été calculée sous la forme d'une moyenne pondérée de la durée de vie du matériel et de l'outillage (sans compter le capital affecté à la construction) des autres secteurs qui fournissent du capital au secteur *j*. Les poids de cette moyenne correspondent à l'importance relative des secteurs qui fournissent du capital, ce qu'indique la matrice de capital normalisée.

Après quelques vérifications de la matrice des coefficients de remplacement du capital qui découle de nos hypothèses au sujet de la durée de vie, nous avons jugé que la durée de vie du capital issu du secteur de la fabrication de matériel de transport (n° 22) était trop courte. On a donc augmenté de 30 % la durée de vie prévue du capital fourni par ce secteur à toutes industries utilisatrices.

Dans une des vérifications, le produit de la matrice des coefficients de remplacement du capital et du vecteur de la production brute a été comparé au vecteur de la demande finale de matériel et d'outillage et à celui de la demande finale de construction dans le secteur des entreprises. Les données de ces deux vecteurs proviennent des tableaux d'entrées-sorties qui ont déjà été publiés. Essentiellement, on a comparé l'investissement annuel consacré par un secteur au remplacement du capital et le montant global de l'investissement annuel brut de ce secteur. On a considéré un ratio d'environ 0,5 comme raisonnable et un ratio supérieur à 1 comme impossible.

Une autre vérification a porté sur une comparaison entre le vecteur des totaux de chaque colonne de la matrice des coefficients de remplacement du capital et le vecteur du ratio de l'excédent d'exploitation et de la production brute (ces deux valeurs étant mesurées en dollars courants). La catégorie « autre excédent d'exploitation » figure à la matrice des utilisations des tableaux d'entrées-sorties. Elle inclut les provisions pour consommation de capital, les bénéfices et les autres revenus de placements, ainsi que les ajustements de la valeur des stocks. En principe, le ratio de l'excédent d'exploitation et de la production brute devrait dépasser pour chaque secteur le total des colonnes de la matrice des coefficients de remplacement du capital. Le secteur de la pêche et de la chasse (n° 3) n'obéit pas à cette règle et cela par un écart assez grand, ce qui porte à croire que les données sur ce secteur pourraient poser des problèmes. Des ajustements ont par la suite été apportés à l'industrie de la pêche; on a réduit d'un tiers les valeurs de la colonne 3 aux lignes 21 (matériel) et 40 (commerce international) dans la matrice des coefficients interindustriels.

## Autres mesures du facteur travail

Nous nous sommes penchés assez longuement sur les façons de mesurer les entrées de main-d'œuvre avant de décider laquelle nous allions utiliser. Dans nos calculs de base, nous avons choisi les « années-personnes occupées ». Au point de vue théorique, ce n'est pas la meilleure mesure des entrées de main-d'œuvre, mais c'est la mesure utilisée par la Division de l'analyse structurelle de Statistique Canada, et les données produites ont déjà été adaptées à l'analyse des entrées-sorties. Le fait que le niveau d'agrégation des secteurs industriels soit déjà le même que le nôtre nous évite de faire des ajustements et des hypothèses pour produire une ventilation identique.

Essentiellement, le nombre d'années-personnes occupées dans un secteur est le total des salariés et des non-salariés moins l'emploi de la « construction pour compte propre ». Ce dernier chiffre est ajouté à l'industrie de la construction. Un salarié est une personne qui est rétribuée pour ses services ou ses absences pendant la semaine de référence et pour laquelle l'employeur verse des contributions au Régime de pensions du Canada et/ou à la caisse d'assurance-chômage. Cette catégorie comprend les salariés à plein temps, les salariés à temps partiel (ceux qui travaillent régulièrement un nombre d'heures inférieur à la semaine normale de travail de l'entreprise) et les salariés occasionnels (ceux qui sont embauchés de façon temporaire ou irrégulière et qui ont travaillé au moins sept heures au cours de la période de référence). Elle comprend aussi les personnes qui ont été payées pendant une partie de la période de référence, mais qui étaient en chômage ou en grève pendant le reste de la période. Cette notion exclut les personnes qui offrent à contrat leurs services à une entreprise. Les données sur les salariés sont tirées de diverses sources selon le secteur visé. La publication *Estimation du nombre de salariés par province et par industrie* (nº 72-008 au catalogue de Statistique Canada) est la source de données sur les industries de l'exploitation forestière, de la construction, des transports, des communications et autres services d'utilité publique, du commerce, des finances, des assurances et des affaires immobilières et des services commerciaux et personnels. Le document *Industries manufacturières du Canada : Niveaux national et provincial* (nº 31-203 au catalogue de Statistique Canada) est la source de renseignements sur les industries manufacturières, tandis que la *Revue générale sur les industries minérales* (nº 26-201 au catalogue) fournit les données sur l'industrie de l'exploitation minière. Enfin, le bulletin *La population active* (nº 71-001 au catalogue) est la source de données sur l'agriculture ainsi que sur la pêche et le piégeage.

La catégorie des non-salariés comprend les travailleurs autonomes, les travailleurs familiaux non rémunérés et les propriétaires et associés d'entreprises non constituées en société, de même que ceux qui possèdent un bureau pour l'exercice d'une profession. Les données relatives à la plupart des industries sont tirées de tableaux spéciaux produits par la Division de l'enquête sur la population active. Dans le cas des industries manufacturières, la catégorie des non-salariés est désignée « propriétaires et associés actifs » dans la publication *Industries manufacturières du Canada : Niveaux national et provincial* (nº 31-203 au catalogue). Dans le cas des mines, les données sont tirées des résultats des recensements décennaux.

La sommation des données sur les salariés et les non-salariés indique l'emploi total dans un secteur donné, y compris les travailleurs de la construction dans ce secteur. On estime l'emploi dans la « construction pour compte propre » de la manière suivante. Le total des salaires et traitements dans le secteur *i* est divisé par le nombre de salariés dans le secteur *i*, ce qui produit la moyenne des salaires et traitement dans *i*. Si l'on suppose que les travailleurs de la construction sont rémunérés au même taux que le reste de la main-d'œuvre d'un secteur, on peut diviser les salaires et traitements versés aux travailleurs de la construction pour compte propre par la moyenne des salaires et traitements pour calculer l'emploi de ce genre de travailleurs de la construction du secteur *i*. Ce résultat est ensuite déduit de l'emploi total du secteur *i* et ajouté à l'emploi dans l'industrie de la construction.

L'industrie de la construction dans le secteur commercial inclut aussi la main-d'œuvre de la construction dans le secteur public, y compris la construction pour compte propre, et la main-d'œuvre affectée à la construction dans le secteur des ménages.

Le fait d'utiliser la notion d'années-personnes occupées présente toutefois les lacunes suivantes. Cette mesure compte les personnes qui travaillent moins que la semaine normale de travail (les travailleurs à temps partiel), celles qui sont embauchées de façon temporaire (les travailleurs occasionnels) et celles qui étaient absentes pendant une partie de la semaine de référence (pour cause de grève, de maladie ou de vacances). Aucun compte n'est tenu de la main-d'œuvre qui fait du temps supplémentaire. Dans le cas de cumul d'emplois, le travailleur visé est inscrit dans le livre de paye de chacun de ses employeurs et si deux de ses emplois se trouvent dans le même secteur, il y aura un double compte. L'impossibilité de tenir compte de ces cas produit une distorsion des chiffres des vraies entrées de main-d'œuvre.

Le nombre d'« heures-personnes travaillées » fournit une meilleure mesure des services de main-d'œuvre. Il s'agit du total des heures-personnes passées sur le lieu de travail par les personnes occupées. Cette mesure est meilleure parce qu'elle indique seulement les heures effectivement travaillées par les employés à temps partiel ou occasionnels, sans faire abstraction des heures supplémentaires. Elle ne tient pas compte des heures rémunérées pendant lesquelles il n'y a pas eu de travail comme, par exemple, les congés de vacances, de maladie, d'accident ou pour fonctions de jury.

Pour les industries non manufacturières, les heures-personnes travaillées sont le produit du nombre de personnes occupées par la moyenne des heures travaillées chaque année. Les données sur cette moyenne sont tirées des tableaux produits par la Division de l'enquête sur la population active. Des estimations distinctes sont calculées pour les salariés et les non-salariés (à partir de 1975, ce dernier groupe a été divisé en travailleurs autonomes et en travailleurs familiaux non rémunérés). En ce qui concerne les industries manufacturières, les heures-personnes travaillées sont égales au total des heures-personnes travaillées par les travailleurs de la production, les salariés et les non-salariés. La source des chiffres sur les heures-personnes des travailleurs de la production est le bulletin *Industries manufacturières du Canada : Niveaux national et provincial* (nº 31-203 au catalogue de Statistique Canada), alors que les renseignements sur les salariés proviennent du bulletin *Emploi, gains et durée du travail* (nº 72-002 au catalogue) et de *Coûts de la main-d'œuvre au Canada : Industries manufacturières* (nº 72-612 au catalogue). Quant aux non-salariés, on multiplie le nombre de non-salariés dans *l'ensemble* des industries manufacturières. La source de ces données est le bulletin *La population active* (nº 71-001 au catalogue).

## Calcul des mesures classiques de la croissance de la productivité

On a calculé les mesures habituelles du niveau et du taux de croissance de la productivité afin de les comparer avec celles définies dans le cadre de notre analyse. Pour une année donnée, on a obtenu la mesure classique du niveau de la productivité en divisant le produit intérieur brut de l'année au coût des facteurs par l'emploi[2]. Les données sur le numérateur ont été tirées de la matrice des utilisations des tableaux d'entrées-sorties, tandis que celles relatives au dénominateur sont les mêmes qu'on a utilisées dans nos propres mesures de la productivité.

## Calcul d'un stock de R et D

Des données sur les dépenses consacrées à la R et D par les divers secteurs d'activité sont publiées par la Division de l'éducation, des sciences et de la culture de Statistique Canada et, depuis quelques années, ces chiffres sont présentés dans la publication *Revue annuelle de la statistique des sciences* (nº 13-212 au catalogue). La diffusion de ces données a commencé en 1955, mais il est très difficile de produire une série chronologique uniforme des dépenses de chaque secteur. En effet, Statistique Canada a modifié à quelques reprises la forme de ces données; ni le degré d'agrégation, ni la définition des « dépenses de R et D » ne sont demeurés constants. Pour donner une idée des changements apportés à la définition, mentionnons qu'en 1955 et 1956 on disposait seulement de chiffres sur les dépenses courantes consacrées à la R et D, alors qu'aux années subséquentes ces montants étaient regroupés avec les dépenses d'investissement engagées dans la R et D. En outre, les dépenses de R et D financées par des contrats principaux de R et D octroyés par le secteur public n'étaient pas comptées en 1955 et 1956, mais elles ont été incluses par la suite. Il y a eu un manque d'uniformité dans les méthodes de déclaration; les unités déclarantes ont changé, certaines entreprises ont été classées dans différents secteurs à différents moments et les données ont été révisées d'une année à l'autre. En faisant beaucoup d'interpolations et d'extractions, nous avons pu construire une série de dépenses de R et D, à partir de 1957, à un niveau de désagrégation suffisamment détaillé.

Les données sur les dépenses de R et D sont beaucoup moins détaillées que les 39 secteurs de notre modèle. Nous avons pu comparer seulement 15 des secteurs définis pour l'analyse des entrées-sorties aux secteurs de la R et D; le rapport entre le quinzième secteur de ces deux systèmes, celui des industries manufacturières diverses (nº 27), a été jugé assez vague que cette catégorie n'a pas été incluse. La ventilation de la R et D a été très limitée dans le cas des industries non manufacturières. En 1955, on distinguait trois groupes : d'abord, l'exploitation des mines, des carrières et des puits de pétrole, ensuite, les transports, l'entreposage, les communications et les services d'utilité publique et, enfin, les autres industries non manufacturières. Pour 1976, une seule autre catégorie a été ajoutée, le secteur primaire ayant été divisé en industrie des mines et l'industrie d'exploitation du gaz et des puits de pétrole[3].

Les industries non incluses dans les données de R et D sont l'agriculture, les forêts, la pêche et le piégeage, le commerce, les finances, les assurances, et les affaires immobilières, les services socio-culturels et personnels et une partie des services commerciaux. Statistique Canada a constaté que les activités de ces secteurs ne comportent aucun ou presque aucun élément de R et D.

Le tableau B-4 résume la méthode utilisée pour établir une correspondance entre les secteurs définis pour les chiffres sur la R et D et ceux de l'analyse des entrées-sorties.

Tableau B-4

Correspondance entre les secteurs de la fabrication utilisés pour calculer les dépenses (internes) en R et D et 15 secteurs utilisés pour les données d'entrées-sorties

| Secteurs de la fabrication dans la structure des entrées-sorties | Secteurs de la fabrication pour le calcul des dépenses en R et D | | Remarques |
|---|---|---|---|
| 8 Industries des aliments et des boissons | Industries des aliments et des boissons | 1957-1970 | |
| | Industries des aliments, des boissons et du tabac | 1971-1976 | Les dépenses en R et D de l'industrie du tabac ont été estimées. Ce montant a ensuite été réaffecté à un autre secteur d'activité de la structure des entrées-sorties. |
| 10 Caoutchouc et produits en matière plastique | Caoutchouc | 1957-1970 | |
| | Caoutchouc et produits en matière plastique | 1971-1976 | |
| 12 Industrie textile | Industrie textile | 1957-1976 | |
| 15 Industrie du bois | Industrie du bois | 1957-1959 | Les dépenses en R et D des industries du bois et du meuble et des articles d'ameublement figuraient dans l'industrie du bois. On a estimé les dépenses de l'industrie du bois pour obtenir un chiffre qui correspond à l'industrie 15 de la structure des entrées-sorties. |
| | Industrie du bois | 1960-1971 | |
| | Industrie du bois | 1972-1976 | Les dépenses en R et D des industries du bois et du meuble et des articles d'ameublement figuraient encore dans l'industrie du bois. On a estimé les dépenses de l'industrie du bois pour obtenir un chiffre qui correspond à l'industrie 15 de la structure des entrées-sorties. |
| 16 Industrie du meuble et des articles d'ameublement | Industrie du bois | 1957-1959 | Les dépenses en R et D des industries du bois et du meuble et des articles d'ameublement figuraient dans l'industrie du bois. On a estimé les dépenses de l'industrie du meuble et des articles d'ameublement pour obtenir un chiffre qui correspond à l'industrie 16 de la structure des entrées-sorties. |
| | Industries du meuble et des articles d'ameublement | 1960-1971 | |
| | Industrie du bois | 1972-1976 | La même correction que celle qui a été faite aux chiffres de 1957-1959 a été apportée. |
| 17 Industrie du papier et activités connexes | Industrie du papier | 1957-1972 | |
| | Industrie à base de bois | 1973-1976 | Dans les publications récentes, les dépenses en R et D de l'industrie du papier et des activités connexes sont regroupées avec celles des industries à base de bois. On a estimé les dépenses de l'industrie du papier pour obtenir un chiffre qui correspond à l'industrie 17 de la structure des entrées-sorties. |

Tableau B-4 (suite)

| Secteurs de la fabrication dans la structure des entrées-sorties | Secteurs de la fabrication pour le calcul des dépenses en R et D | | Remarques |
|---|---|---|---|
| 19 Première transformation des métaux | Sidérurgie et fabrication de produits en métal non ferreux | 1957-1958 | Les dépenses en R et D ont été groupées dans la catégorie de la sidérurgie et de la fabrication de produits en métal non ferreux, qui comprend les industries 19, 20 et 21 de la structure des entrées-sorties. On a estimé les dépenses de l'industrie 19 en fonction de la répartition en pourcentage de ces trois industries en 1959. |
| | Première transformation des métaux | 1959-1962 | |
| | Métaux semi-transformés (ferreux et non ferreux) | 1963-1976 | Les dépenses en R et D des industries de première transformation des métaux étaient publiées séparément pour les métaux ferreux et non ferreux. Ces deux groupes de chiffres ont été additionnés pour correspondre à l'industrie 19 de la structure des entrées-sorties. |
| 20 Fabrication de produits en métal | Sidérurgie et fabrication de produits en métal non ferreux | 1957-1958 | La même correction que celle qui a été faite aux données relatives à l'industrie 19, pour la même période, a été apportée. |
| | Fabrication de produits en métal | 1959-1976 | |
| 21 Fabrication de machines | Sidérurgie et fabrication de produits en métal non ferreux | 1957-1958 | La même correction que celle qui a été faite aux données relatives à l'industrie 19, pour la même période, a été apportée. |
| | Fabrication de machines | 1959-1970 | |
| | Fabrication de machines de bureau et d'autres machines | 1971-1976 | Les dépenses en R et D étaient publiées séparément pour les industries qui fabriquent les machines de bureau et les autres machines. Ces deux groupes de chiffres ont été additionnés pour correspondre à l'industrie 21 de la structure des entrées-sorties. |
| 22 Fabrication de matériel de transport | Fabrication de matériel de transport | 1957-1962 | |
| | Fabrication d'avions, de pièces et d'autre matériel de transport | 1963-1976 | Les dépenses en R et D étaient publiées séparément pour la fabrication d'avions et de pièces et la fabrication d'autre matériel de transport. Ces deux groupes de chiffres ont été additionnés pour correspondre à l'industrie 22 de la structure des entrées-sorties. |

Tableau B-4 (fin)

| Secteurs de la fabrication dans la structure des entrées-sorties | Secteurs de la fabrication pour le calcul des dépenses en R et D | | Remarques |
|---|---|---|---|
| 23 Fabrication de produits électriques | Fabrication de produits électriques | 1957-1976 | |
| 24 Fabrication de produits non métalliques | Fabrication de produits non métalliques | 1957-1976 | |
| 25 Fabrication de produits du pétrole et du charbon | Fabrication de produits du pétrole et du charbon | 1957-1962 | |
| | Fabrication de produits du pétrole et du charbon | 1963-1976 | |
| 26 Industrie chimique | Industrie chimique | 1957-1962 | |
| | Fabrication de produits pharmaceutiques et de médicaments | 1963-1976 | Les dépenses en R et D étaient publiées séparément pour la fabrication de produits pharmaceutiques et de médicaments. Ces deux catégories ont été additionnées pour correspondre à l'industrie 26 de la structure des entrées-sorties. |
| 27 Industries manufacturières diverses | Industries manufacturières diverses | 1957-1964 | Les dépenses en R et D des «industries manufacturières diverses» comprennent la R et D des industries du tabac, du cuir, de l'imprimerie et de l'édition et de bonneterie, en plus de la R et D des divers secteurs qu'englobe l'industrie 27 de la structure des entrées-sorties. On n'a pas tenté d'ajuster les chiffres pour les faire correspondre parce qu'on jugeait que l'estimation calculée serait trop inexacte. |
| | Instruments scientifiques et professionnels et autres produits manufacturés | 1965-1976 | |

SOURCE Se référer au texte.

Tableau B-5

Dépenses en R et D de l'ensemble des entreprises canadiennes au cours de certaines années, 1961-1976

En millions de dollars*

| | Dépenses internes | | | Dépenses externes | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Dépenses courantes | Dépenses en capital | Total | Au Canada | À l'étranger | Total |
| 1961 | 114,0 | 13,5 | 127,5 | 4,3 | 31,2 | 35,5 |
| 1966 | 266,4 | 50,7 | 317,1 | 13,8 | 30,8 | 44,6 |
| 1971 | 401,3 | 63,2 | 464,5 | 31,5 | 51,6 | 83,1 |
| 1976 | 674,0 | 70,0 | 744,0 | 71,8 | 81,0 | 152,8 |

*En dollars courants.

SOURCE *Dépenses au titre de la recherche et du développement industriels au Canada, 1967*, nº 13-532 au catalogue de Statistique Canada. *Revue annuelle de la statistique des sciences, 1978*, nº 13-212 au catalogue de Statistique Canada. *Tableaux types de la R et D industrielle 1972-1981*, Centre de la statistique des sciences, Statistique Canada, Ottawa, novembre 1981.

Les dépenses de R et D ont été classées en dépenses internes ou externes. Les dépenses internes sont engagées pour des travaux exécutés à l'intérieur de l'entreprise déclarante, tandis que les dépenses externes sont consacrées à des travaux exécutés à l'extérieur de l'entreprise déclarante par d'autres entreprises ou des organismes canadiens ou étrangers. Le total des dépenses internes et externes ne correspond pas directement au montant global des dépenses de R et D parce qu'une petite partie des dépenses serait comptée deux fois. Ainsi, les travaux de R et D exécutés à l'intérieur d'une société déclarante mais financés par une autre entreprise déclarante feraient l'objet d'un double compte. Le tableau B-5 permet d'étudier l'importance relative de ces catégories de dépenses pour certaines années.

Statistique Canada distingue aussi les dépenses courantes de R et D et les dépenses d'investissement engagées au titre de la R et D. Les dépenses courantes comprennent les coûts de main-d'œuvre et d'autres coûts courants comme les achats de matériel, de fournitures et d'outillage non imputables sur les dépenses d'investissement, déduction faite de l'amortissement. Les dépenses d'investissement englobent les dépenses en immobilisations consacrées à un programme de R et D pour des terrains, des immeubles, des instruments et de la technologie. Notre analyse porte sur le total de ces deux types de dépenses.

Plusieurs opérations ont été nécessaires pour convertir les dépenses annuelles de R et D en un stock de R et D. Nous avons d'abord corrigé de l'inflation la série des dépenses de R et D par l'indice implicite des prix de la dépense nationale brute pour le matériel et l'outillage. Une fois fait ce redressement, nous avons choisi un taux d'amortissement de 10 % et supposé que les dépenses de R et D de la première année des observations, 1957, n'ont suffi qu'à compenser la dépréciation au cours de cette année. Le stock de R et D de 1957 valait donc dix fois les dépenses de R et D de 1957 (en dollars de 1971). Ensuite, le stock de R et D de 1958 correspondait au total des dépenses de R et D de 1958 et du stock de R et D de 1957 moins le 10 % du stock de 1957 perdu à cause de la dépréciation. Pour toutes les années subséquentes, le stock de R et D de l'année $t$ était le montant global des dépenses de R et D de l'année $t$ et du stock de R et D de l'année $(t - 1)$ moins 10 % du stock de R et D de l'année $(t - 1)$. Avant d'effectuer ces calculs, il a fallu vérifier si la première observation (les dépenses de R et D de 1957) était si élevée que nos hypothèses conduiraient à une surestimation énorme du stock de R et D et à un taux d'amortissement supérieur aux dépenses annuelles de R et D. Dans un tel cas, une moyenne des dépenses annuelles de plusieurs années aurait servi de première observation, au lieu des dépenses de 1957.

Des séries de stocks de R et D ont été construites à l'aide des chiffres sur le total des dépenses internes, à partir de 1957, le total des dépenses externes engagées à l'extérieur du Canada, à partir de 1963 (la première année possible), le montant global des totaux des dépenses internes et externes engagées à l'extérieur du Canada, à partir de 1963, et le total des dépenses externes engagées au Canada et à l'étranger, à partir de 1963. Lorsque les séries de stocks ont pu être produites, il devenait simple de calculer des taux moyens de croissance annuelle entre certaines années.

## Tests de sensibilité

Il est également reconnu que les mesures de la production dans bon nombre de secteurs des services ne sont pas adéquates, et pour cause. Il n'est pas toujours facile de déterminer ce que les industries de services commerciaux produisent (par exemple, que produisent les banques ? les magasins de détail ?). Même si on règle cette question, on doit trouver une façon de mesurer le volume des services produits d'une période à l'autre et de pondérer l'importance relative des services à l'intérieur d'un secteur. Les prix du marché servent généralement à pondérer la production des industries de biens, mais des valeurs explicites des prix du marché n'existent souvent pas dans le cas des services. Ce genre de difficulté théorique et de lacunes dans les données empêchent l'élaboration d'une mesure idéale de la valeur réelle ajoutée ou de la production nette. On peut seulement définir des indices de production à partir de données sur la production brute et l'emploi, et en fonction du comportement d'autres variables considérées comme de bons substituts pour mesurer la production.

Depuis quelques années, des recherches sont menées afin d'améliorer les mesures de la production de services. Nous étions particulièrement intéressés aux travaux portant sur le secteur des finances, des assurances et des affaires immobilières (nº 34). Ce secteur comprend les banques, les caisses d'épargne et de crédit, les sociétés d'assurances, les autres institutions financières, les courtiers d'assurances et de biens immobiliers et les redevances de l'administration publique sur les ressources naturelles. Hirshhorn et Geehan (1977) ont proposé une nouvelle méthode de mesure de la production dans le domaine des assurances sur la vie; elle est analogue à celle habituellement appliquée aux industries qui fabriquent plus d'un produit. Geehan et Allen (1978)

ont proposé une solution semblable relativement aux institutions d'épargne et de crédit. Dans le but d'éliminer le biais hypothétique qui entraîne des sous-estimations de nos mesures de la production dans ce secteur, nous avons ajusté nos données de manière que le taux de croissance de 1971 à 1976 soit le même que celui calculé par Geehan et Allen. Nos taux de croissance pour les périodes 1961-1966 et 1966-1971 n'étaient pas très différents de ceux de Geehan et Allen, mais c'est au cours des années 70 que la différence a été assez importante.

Dans l'analyse des entrées-sorties, le ratio de la production de 1976 et de 1971 dans le secteur des finances, des assurances et des affaires immobilières est de 1,272. Le ratio de l'indice de production de Geehan et Allen s'élève à 1,553, soit 1,221 fois le ratio de l'analyse des entrées-sorties. Si l'on suppose que le niveau de la production de 1971 est le même, le niveau de production de 1976 mesuré par Geehan et Allen est donc 1,221 fois celui de l'analyse des entrées-sorties. Ce chiffre est devenu notre facteur d'ajustement et, à chaque endroit où la production de 1976 dans l'industrie des finances, des assurances et des affaires immobilières figurait dans notre analyse, cette valeur a été multipliée par 1,221. En particulier, on a multiplié la ligne 34 de la matrice des coefficients interindustriels par 1,221 et divisé la colonne 34 par 1,221. Enfin, on a divisé l'élément 34 du vecteur des coefficients de main-d'œuvre directe par 1,221.

Tous les traitements appliqués aux matrices de données d'entrée ont ensuite été effectués pour les données ajustées.

## Valeurs agrégées des taux de croissance de la productivité

Pour chacune de nos cinq mesures de la productivité et chaque groupe de deux années consécutives, on a calculé 40 taux de croissance, soit un pour chaque secteur. Pour produire un taux agrégé de croissance qui comprend tous les secteurs en fonction de chacune des mesures de la productivité, il a fallu s'adresser de nouveau à Statistique Canada qui nous a fourni un vecteur de la demande finale ventilée selon le secteur d'activité pour les quatre années qui nous intéressent. Ce vecteur représente le total des lignes de la matrice de la demande finale des tableaux d'entrées-sorties, abstraction faite des colonnes des exportations intérieures, des réexportations et des importations; les lignes de produits sont aussi converties en lignes d'industries. Le produit 82 (le loyer imputé des logements occupés par le propriétaire) a été supprimé, tandis que les produits 91 et 92 (fournitures pour l'exploitation de bureaux, de laboratoires et de cafétérias, et le tourisme, la promotion et la publicité) ont été regroupés dans d'autres secteurs.

Il a fallu faire plusieurs ajustements des quatre vecteurs de la demande finale qu'on a obtenus. Premièrement, on a déduit de la demande finale la demande de remplacement du capital (l'amortissement). Deuxièmement, la demande finale d'importations a été supprimée de chaque secteur et ajoutée au secteur du commerce international (n° 40). Les importations de produits non concurrentiels ont aussi été classées dans ce secteur. Une définition approximative de ces derniers produits correspondait à l'intersection de la ligne des importations non concurrentielles et de la colonne des dépenses de consommation en biens non durables dans la matrice de la demande finale. Troisièmement, pour tenir compte du commerce non équilibré, on a multiplié le vecteur normalisé de la structure des exportations de chaque année par la balance du commerce de la même année, puis on a additionné ce résultat et le vecteur créé à la deuxième étape. Enfin, le vecteur ajusté de la demande finale a été normalisé et ses éléments sont devenus les poids utilisés dans le calcul des valeurs agrégées des taux de croissance.

Le taux agrégé de croissance de la productivité globale du travail est calculé en multipliant d'abord chaque élément du vecteur des besoins en main-d'œuvre directe et indirecte $\lambda$ par son poids respectif pour chaque année; ensuite, on obtient le total des composantes du vecteur des résultats et on trouve l'inverse du total. Enfin, on calcule le taux de croissance de chaque inverse d'une année à l'autre. Pour examiner l'effet d'un changement des poids sur les taux de croissance, on a calculé la valeur globale des coefficients de main-d'œuvre directe et indirecte pour chaque année non seulement en fonction des poids du vecteur ajusté de la demande finale de l'année correspondante, mais aussi en fonction des poids des trois autres années. On a ensuite calculé le taux de croissance de l'inverse des $\lambda$s de différentes années, mais agrégé au moyen des mêmes poids.

Ce processus a été répété pour mesurer les effets de l'ajustement des chiffres sur le secteur des finances, des assurances et des affaires immobilières, mais on a utilisé le vecteur des besoins en main-d'œuvre directe et indirecte calculé pour 1976 à la section précédente. De façon semblable, on a étudié l'effet d'utiliser des données sur les « heures-personnes de travail accompli » au lieu de renseignements sur le nombre d'années-personnes occupées, en insérant le vecteur $\lambda$ produit dans l'analyse de ce problème.

Le calcul des valeurs agrégées des composantes des effets propres, des effets d'amont, des effets en

aval et des effets associés globaux a été un peu plus compliqué. D'abord, on a calculé la valeur agrégée de $\lambda$ dans l'année $t$ en fonction des poids de l'année $t$ et on a pris l'inverse du résultat. Ensuite, on a additionné le changement des besoins en main-d'œuvre entre les périodes $t$ et $(t + 5)$ et $\lambda$ de l'année $t$. Le total des 40 éléments du nouveau vecteur a été calculé en fonction des poids de l'année $(t + 5)$ et on a pris l'inverse du résultat. Enfin, on a mesuré le taux de croissance entre les inverses.

En général, la valeur agrégée de l'effet sur la productivité globale du travail devrait être approximativement égale à la somme des valeurs agrégées des effets propres et des effets d'amont. De même, la valeur agrégée des effets associés globaux devrait être à peu près égale au total de valeurs agrégées des effets propres et des effets en aval. Dans chaque cas, l'écart observé correspond à la différence entre les poids utilisés pour calculer les valeurs globales agrégées aux années $(t + 5)$ et $t$, multipliée par $\lambda_t$.

## Programme informatique

Tous nos besoins de programmation ont été satisfaits par le Statistical Analysis System (SAS). Il s'agit d'un logiciel doté de toutes les ressources dont nous avions besoin pour l'analyse des données, notamment les mécanismes de stockage et d'extraction de données, de gestion de fichiers, de modifications de données, de programmation et d'analyse statistique. À cause de la nature de la présente étude, une des fonctions offertes dans ce logiciel, la fonction *PROC MATRIX*, nous a été particulièrement utile.

## Notes

### CHAPITRE 2

1 Plus loin dans cette étude, notamment dans le chapitre 6, nous examinerons la possibilité de faire une analyse encore plus désagrégée.

2 Dans notre analyse, la demande finale englobe en réalité les dépenses totales des consommateurs, les dépenses nettes totales des gouvernements, le coût total net de formation du capital fixe et la balance commerciale. Dans Scott (1979), nous trouvons les arguments qui expliquent pourquoi, dans la présente étude, la demande finale est assimilée à la consommation finale : l'investissement net en capital correspond à une consommation future actualisée et la balance commerciale est une forme d'investissement ou de « désinvestissement » net.

3 Il faut noter que cette formule est une simplification du modèle plus complet de la productivité selon les entrées-sorties qui est exposé à l'appendice A. Voir également les observations fournies par la suite, dans ce chapitre.

4 Le traitement de la balance commerciale, qu'elle soit négative ou positive, est expliqué dans l'appendice A. Durant la période analysée, la balance commerciale canadienne des produits alloués ne dépasse jamais, en valeur absolue, 7 % des exportations (ou importations) totales de produits. Le modèle d'entrées-sorties contenu dans l'appendice A décrit à fond l'ajustement nécessaire pour tenir compte des variations des termes de l'échange.

5 Notons que l'existence de ce facteur a tendance à gonfler les niveaux de productivité industrielle calculés par la méthode classique de sorte qu'ils sont plus élevés que les niveaux correspondants calculés au moyen de la méthode proposée.

6 Tous les taux de croissance de la productivité estimés dans la présente étude ont été arrondis à la décimale la plus proche; nous ne prétendons pas fournir des données d'une plus grande exactitude.

7 Dans les *Perspectives économiques* de juillet 1981, l'OCDE se sert d'une méthode différente qui donne, pour le Canada en particulier, un ajustement annuel moyen de la productivité de 0,8 point de pourcentage, en fonction des termes de l'échange pour la période 1972-1975.

8 Il n'en est pas ainsi pour le processus décrit dans Nordhaus (1972), qui traite d'un problème semblable.

9 Pour obtenir des explications plus détaillées, voir le chapitre 6 et les tableaux 6-2 et 6-3.

### CHAPITRE 3

1 La procédure est fondée en grande partie sur celle de Wolff (1979), mais nous avons introduit nombre de modifications du processus de décomposition, le tout étant décrit dans l'appendice A.

2 Notre mesure expérimentale porte surtout sur les composantes financières du secteur des finances, des assurances et des affaires immobilières (voir Geehan et Allen, 1978). Nous supposons que la correction des composantes financières relative à la production réelle (mesures officielles par opposition aux mesures expérimentales) vaut également pour toutes les autres composantes de ce secteur. Nos résultats empiriques doivent évidemment être considérés comme provisoires.

3 Il y a lieu de signaler que l'agrégation révisée exacte doit également prendre en compte les variations des coefficients de pondération de la demande finale puisque le secteur des finances, des assurances et des affaires immobilières est une composante importante du secteur de la demande finale sous-jacent du modèle.

4 On a supposé que les coefficients de pondération de la demande finale appliqués à l'agrégation de l'année de « projection » 1981 étaient les mêmes que les coefficients de pondération de la demande finale observés dans le cas de l'année de base 1976.

5 Cela explique pourquoi les composantes agrégées des effets en aval n'égalent pas les composantes agrégées des effets d'amont dans les divers tableaux (dans le tableau 3-7 en particulier). Si l'on décomposait correctement les effets en aval de chaque secteur en une ventilation d'effets d'amont particuliers, la somme de l'ensemble des composantes agrégées décomposées des effets d'amont serait égale à la composante agrégée des effets d'amont qui figurent dans les divers tableaux (abstraction faite des effets d'interaction dont l'importance est très minime).

### CHAPITRE 4

1 Il y a un chevauchement minime des deux types « distincts » de R et D; voir l'appendice B.

2 Il convient de souligner qu'il s'agit d'une analyse par régression multiple fondée sur des coefficients variables plutôt que constants; voir Zellner (1962) et Postner (1971) pour une analyse plus détaillée au sujet des hypothèses implicites et de l'interprétation proposée.

3 La méthode de décomposition utilisée dans ce chapitre pour obtenir la contribution des effets propres aux taux de croissance de la productivité diffère quelque peu de celle qui est décrite au chapitre 3. Les raisons invoquées à l'appui de la modification apportée sont énoncées au chapitre 5 et dans l'appendice A. On y explique que cette modification permet d'obtenir des taux de croissance de la productivité plus appropriés aux fins visées par la présente analyse de la R et D.

4 Il serait également possible d'inclure dans la régression une variable « indirecte » du taux de croissance ($k/g$). Toutefois, les deux variables, soit directe et indirecte, peuvent être omises si la mesure des effets propres est élargie pour tenir compte du coût en main-d'œuvre qu'engendre la croissance du stock net de capital fixe utilisé. Cet élargissement de la mesure est expliqué dans la dernière section de l'appendice A. Dans ce cas, les dépenses occasionnées tant pour remplacer que pour accroître le capital fixe devraient être ajoutées à la matrice des facteurs intermédiaires courants utilisée pour mesurer la R et D indirecte, ce qui devrait traduire de façon complète l'incidence des échanges de technologie entre les industries (voir aussi le chapitre 6). De toute évidence, la méthode utilisée dans le présent chapitre devrait être améliorée.

5 Puisque tous les rapports « $t$ » de la régression empirique (sauf un) ont une valeur absolue supérieure à l'unité, l'élimination successive des variables statistiquement non significatives ne fournit guère plus d'explications. Voir Theil (1961) et Haitovsky (1969).

6 Nous ne pouvons conserver à la fois $r_1$ et $r_1^*$ dans la régression en raison d'une forte corrélation entre les deux variables relatives au facteur R et D; dans ce cas, $r_1^*$ est plus approprié; les mêmes observations sont valables dans le cas de $r_3$ et de $r_3^*$.

7 Les données relatives à Northern Telecom Ltée et à Recherches Bell Northern sont intégrées au bilan consolidé de Bell Canada.

8 Le problème que posent les données statistiques relatives à la R et D au Canada ne peut être écarté en invoquant le « principe des grands nombres ».

## Chapitre 5

1 Il convient généralement de comparer les taux de croissance de la productivité globale du travail du tableau 5-1 à ceux des tableaux 2-1 et 2-4 (analyse de sous-périodes); dans la même perspective, on peut comparer les taux classiques de croissance de la productivité du travail du tableau 5-2 à ceux des tableaux 2-3 et 2-5.

2 Portées à deux décimales, les estimations agrégées de la croissance de la productivité des deux mesures sont respectivement de 0,25 % et de 0,27 %.

## Chapitre 6

1 La propriété suivante s'applique aussi bien aux niveaux qu'aux taux de croissance de la productivité globale du travail.

2 Nous soutenons, par exemple, que les hypothèses théoriques (équilibre de production) habituellement sous-jacentes à l'estimation aussi bien des fonctions de production translogarithmiques que de la productivité ne sont pas respectées (pas même approximativement) dans le cas d'observations statistiques émanant d'un organisme central de statistique. D'autre part, notre méthode d'analyse de la productivité est entièrement compatible avec la méthode d'estimation des coûts directs standards utilisée dans la comptabilité industrielle.

3 Une augmentation de la consommation finale (réelle) totale par personne n'entraine pas nécessairement une augmentation du bien-être économique. Cette dernière augmentation dépend de la distribution et des caractéristiques des fonctions d'utilité individuelles. Il existe à ce sujet de nombreux écrits; voir Chipman et Moore (1976) et Sen (1979). La façon la plus prudente d'assurer l'augmentation du bien-être économique est d'assurer une croissance équilibrée de la productivité, de la manière dont nous l'avons décrit dans le texte. Un tel cheminement correspond essentiellement à l'hypothèse de *l'homothétie* des fonctions d'utilité individuelles (les élasticités revenu des biens et des services de consommation finale étant égales à l'unité), condition nécessaire et suffisante pour que l'accroissement de la consommation finale totale (pour tous les individus et tous les produits) donne toujours lieu à un accroissement incontestable du bien-être économique.

4 Sur le plan intuitif, le rôle particulier du secteur des transports et de l'entreposage ne surprend nullement. Il y a fort longtemps qu'on met l'accent sur l'efficacité du système de transport pour favoriser le développement économique. Les gens finissent par constater que l'existence, très banale en elle-même, d'un système de transport efficace suffit apparemment à améliorer la situation dans presque tous les secteurs. Bien entendu, c'est surtout la consommation finale qui intéresse les gens.

5 De fait, les industries consommatrices de capital fixe industriel préfèrent de plus en plus en être les locataires que les propriétaires; les versements bruts au titre de la location font partie du secteur des services fournis aux entreprises ou sont imputés par les statisticiens au secteur des finances, assurances et affaires immobilières. Le fait d'incorporer l'ensemble des échanges d'entrées-sorties à notre analyse de la productivité et de construire une matrice du capital fixe en le désagrégeant par secteur d'origine et de destination nous permet d'éviter la plupart des problèmes que pose la distinction entre propriétaires et usagers de capital fixe, tels qu'ils sont décrits par Garston (1983).

6 On peut appliquer une technique analogue au calcul de l'équivalent en main-d'œuvre de déductions pour épuisement consenties au secteur des forêts (n° 2) et

aux quatre secteurs miniers (nos 4 à 7). Malheureusement, les dépenses canadiennes au titre du développement des ressources naturelles ne sont pas capitalisées et leur composition en biens et services est inconnue, de sorte qu'une telle estimation ne peut être faite à l'heure actuelle.

7 Les dépenses de consommation comprennent les dépenses en biens et en services des propriétaires occupants (voir le chapitre 2).

8 Les raisons qui permettent de considérer la demande finale de la présente étude comme une consommation finale sont exposées dans Scott (1979) : l'investissement net en capital est envisagé comme valeur actualisée d'une consommation future et la balance commerciale comme une forme d'investissement net.

9 Il est également possible en théorie de rendre endogènes les ventes de biens et de services des établissements privés à but non lucratif qui, à l'heure actuelle, sont regroupées avec les dépenses de consommation personnelle. Malheureusement, on ne dispose pas des données nécessaires. Cependant, il y a une limite au-delà de laquelle il n'est pas souhaitable de traiter comme un tout homogène le secteur public, les établissements sans but lucratif et le secteur des entreprises.

10 Les deux tableaux ne concordent pas entièrement. Mises à part les différences d'années, on doit rectifier les coefficients de pondération de la demande finale de 1976 afin de tenir compte du fait que, dans le tableau 6-1, le remplacement du capital fixe et les versements d'intérêt (au compte de la production) ont été rendus endogènes. Comme résultat, c'est le coefficient de pondération de la demande finale du secteur de la construction (n° 28) qui est le plus touché et qui est rectifié à la baisse.

11 Il y a lieu de signaler qu'il peut exister un conflit entre l'objectif d'accroissement des niveaux agrégés de productivité et l'objectif ultime qu'est celui d'accroître le bien-être économique selon le cheminement décrit précédemment. À notre avis, c'est à l'objectif de bien-être économique que l'on doit accorder la plus grande priorité.

12 Il y a cependant lieu de souligner que de sérieux problèmes de mesure entravent l'estimation « correcte » des niveaux de la productivité globale du travail dans les secteurs des services dont on a fait mention dans le présent paragraphe (voir également la troisième section du chapitre 3).

## Appendice A

1 La dimension du vecteur des produits non concurrentiels n'est pas nécessairement égale à celle du vecteur des biens concurrentiels. On suppose que les produits non concurrentiels ne comptent pas de biens immobilisés et ne sont pas exportés. Ces hypothèses sont conformes aux définitions établies par Statistique Canada.

2 Les réexportations totales du Canada représentent moins de 2 % des exportations totales au cours de la période 1971-1978. Il est aussi possible de prolonger l'équation (A.6) de la balance commerciale pour englober les recettes des tarifs imposés sur les importations de produits concurrentiels. La solution du modèle deviendrait alors beaucoup plus complexe, mais serait néanmoins calculable. Nous excluons implicitement les recettes de tarifs et considérons cette variable comme une entrée primaire (d'impôt indirect) d'une catégorie de demande finale.

3 La technique de décomposition décrite par les équations (A.20), (A.21) et (A.22) est essentiellement semblable à une formule présentée par Wolff (1979). Les modifications apportées à cette formule dans la présente étude produisent plus de symétrie. Il existe aussi d'autres différences entre le modèle fondamental d'entrées-sorties de Wolff et celui qu'on utilise ici (la principale différence a trait au commerce international). Un peu plus loin dans cet appendice, on introduit un ajustement de la formule de décomposition et on en explique les motifs. Notons que la terminologie employée dans cette étude pour décrire les éléments de décomposition n'est pas la même que celle de Wolff (1979).

4 Des exemples de ce phénomène sont présentés plus loin et au chapitre 6.

5 D'autres tableaux du chapitre 3 présentent les résultats modifiés de l'analyse de décomposition, mais il s'agit seulement des taux de croissance annuels moyens calculés après la modification.

6 Si $A_{22} \neq 0$ (voir les formules qui suivent l'équation A.11)) comme, par exemple, lorsqu'on distingue les réexportations, les modifications décrites plus bas deviennent un peu plus compliquées, mais le modèle peut être résolu et les modifications apportées peuvent être justifiées.

7 Les ajustements ont été faits à partir des données sur les excédents d'exploitation et la production brute dans chaque secteur pour les années 1973, 1976, 1976 et 1978. Notons qu'une autre solution serait de choisir les taux d'intérêt pour les années 1973 et 1978 afin d'estimer les éléments du vecteur $p$ au moyen du stock total de biens immobilisés dans chaque secteur. Cette dernière méthode est implicitement utilisée par Carter (1970, pp. 158-159) dans un autre contexte.

## Appendice B

1 Cette notation est expliquée dans la publication *La structure par entrées-sorties de l'économie canadienne, 1961-1974*, n° 15-508F au catalogue de Statistique Canada.

2 Les mesures classiques du taux de croissance de la productivité sont essentiellement les mêmes, qu'elles soient exprimées au coût des facteurs ou au prix (constant) du marché.

3 Après notre analyse, une ventilation plus détaillée des industries de services a été publiée pour la période 1972-1981. Cette classification distingue l'industrie de l'électricité et celle des services scientifiques et techniques.

## Liste des tableaux


2-1 Années-personnes requises (main-d'œuvre directe et indirecte) par unité de production d'un million de dollars, 40 secteurs d'activité, 1961 et 1976 7

2-2 Niveau de la productivité globale du travail et taux de croissance annuel moyen, selon la méthode des entrées-sorties, 40 secteurs d'activité, 1961-1976 8

2-3 Niveau de la productivité du travail et taux de croissance annuel moyen, selon la méthode classique, 39 secteurs d'activité, 1961-1976 9

2-4 Taux de croissance annuel moyen de la productivité globale du travail, selon la méthode des entrées-sorties, 40 secteurs d'activité, 1961-1966, 1966-1971 et 1971-1976 11

2-5 Taux de croissance annuel moyen de la productivité du travail, selon la méthode classique, 39 secteurs d'activité, 1961-1966, 1966-1971 et 1971-1976 12

2-6 Taux (artificiels) agrégés de croissance annuelle de la productivité globale du travail calculés à partir de coefficients de pondération de la demande finale constants et variables, 1961-1976 14

3-1 Variation des besoins totaux en main-d'œuvre attribuable aux effets propres et aux effets d'amont, en années-personnes par unité de production d'un million de dollars, 40 secteurs d'activité, 1961-1976 18

3-2 Variation des besoins totaux en main-d'œuvre transmise aux autres secteurs par le biais des effets en aval et des effets associés globaux, en années-personnes par unité de production d'un million de dollars, 40 secteurs d'activité, 1961-1976 20

3-3 Décomposition du taux de croissance annuel moyen de la productivité globale du travail, 40 secteurs d'activité, 1961-1966 22

3-4 Décomposition du taux de croissance annuel moyen de la productivité globale du travail, 40 secteurs d'activité, 1966-1971 24

3-5 Décomposition du taux de croissance annuel moyen de la productivite globale du travail, 40 secteurs d'activité, 1971-1976 25

3-6 Décomposition du taux de croissance annuel moyen de la productivité globale du travail, après révision des données relatives au secteur des finances, assurances et affaires immobilières, 40 secteurs d'activité, 1971-1976 28

3-7 Décomposition du taux de croissance annuel moyen de la productivité globale du travail, projection hypothétique à partir des données de 1976, 40 secteurs d'activité 29

4-1 Taux de croissance de la productivité du travail et certaines de leurs composantes, 13 secteurs de la fabrication, 1966-1971 et 1971-1976 34

5-1 Niveau et taux de croissance annuel moyen de la productivité globale du travail, selon la méthode des entrées-sorties, 40 secteurs d'activité, 1973-1978 40

5-2 Niveau et taux de croissance annuel moyen de la productivité globale du travail, selon la méthode classique, 39 secteurs d'activité, 1973-1978 41

5-3 Comparaison des deux mesures du taux de croissance agrégé de la productivité du travail, 1966-1971, 1971-1976 et 1973-1978 42

5-4 Décomposition du taux de croissance annuel moyen de la productivité globale du travail, 40 secteurs d'activité, 1973-1978 43

5-5 Décomposition modifiée du taux de croissance annuel moyen de la productivité globale du travail, 40 secteurs d'activité, 1973-1978 44

5-6 Comparaison de deux composantes du taux agrégé de la productivité du travail, 1961-1966, 1966-1971, 1971-1976 et 1973-1978 45

5-7 Décomposition du taux de croissance annuel moyen des effets en aval, 40 secteurs d'activité, 1973-1978 46

5-8 Variation des besoins totaux en main-d'œuvre associée aux effets de substitution en aval, en années-personnes par unité de production d'un million de dollars, quatre secteurs d'activité, 1961-1976 et 1973-1978 47

6-1 Niveau et taux de croissance annuel moyen de la productivité globale du travail, selon une méthode raffinée, 40 secteurs d'activité, 1973-1978 57

6-2 Distribution réelle des coefficients de pondération de la demande finale, 40 secteurs d'activité, 1961 et 1976 58

6-3 Distribution des coefficients de pondération de la demande finale après transformation (en équivalents de main-d'œuvre), 40 secteurs d'activité, 1961 et 1976 59

A-1 Décomposition des variations des besoins totaux en main-d'œuvre dues aux effets propres, 40 secteurs d'activité, 1961-1976 72

A-2 Décomposition des variations des besoins totaux en main-d'œuvre dues aux effets d'amont, 40 secteurs d'activité, 1961-1976 73

A-3 Décomposition des variations des besoins totaux en main-d'œuvre dues aux effets en aval, 40 secteurs d'activité, 1961-1976 74

A-4 Décomposition matricielle des contributions des effets d'amont et des effets en aval aux variations des besoins totaux en main-d'œuvre en années-personnes par unité de production d'un million de dollars, 40 secteurs d'activité, 1961-1976 76

B-1 Correspondance entre les secteurs d'activité utilisés pour l'agrégation des données sur le stock de capital et ceux du niveau d'agrégation M modifié 87

B-2 Correspondance entre les produits de la « matrice de capital » et les secteurs d'activité du niveau d'agrégation M modifié 88

B-3 Correspondance entre les secteurs d'activité de la « matrice de capital » et ceux du niveau d'agrégation M modifié, cas spéciaux seulement 88

B-4 Correspondance entre les secteurs de la fabrication utilisés pour calculer les dépenses (internes) en R et D et 15 secteurs utilisés pour les données d'entrées-sorties 92

B-5 Dépenses en R et D de l'ensemble des entreprises canadiennes au cours de certaines années, 1961-1976 94

## Bibliographie


ALMON, Clopper, *Matrix Methods in Economics*, Addison-Wesley, Reading, (Mass.), 1967.

ARMSTRONG, Alan, *Structural Change in the British Economy, 1948-1968* A Programme for Growth, Richard Stone (éd.), New York, Halsted, New York, 1974, vol. 12.

CARTER, Anne P., *Structural Change in the American Economy*, Studies in Technology and Society, Cambridge (Mass.), Harvard University Press, 1970.

CHIPMAN, John S. et MOORE, James C., « Why an Increase in GNP Need Not Imply an Improvement in Potential Welfare », *Kyklos*, 1976, vol. 29, nº 3, pp. 391-418.

CLARK, Kim B. et GRILICHES, Zvi, « Productivity Growth and R & D at the Business Level: Results from the PIMS Data Base », National Bureau of Economic Research, Working Paper 916, Cambridge, (Mass.), juin 1982.

CLARK, Peter K., « Inflation and the Productivity Decline », *American Economic Review: Papers and Proceedings*, 1982, vol. 72, nº 2, pp. 149-154.

CONSEIL ÉCONOMIQUE DU CANADA, *Un climat d'incertitude*, Dix-septième Exposé annuel, Ottawa, Approvisionnements et Services Canada, 1980.

———, *Les enjeux du progrès – Innovations, commerce et croissance*, Ottawa, Approvisionnements et Services Canada, 1983.

DENISON, Edward Fulton, *The Sources of Economic Growth in the United States, and the Alternatives before Us*, Committee for Economic Development, New York, 1982.

GARSTON, Gordon J., « Canada's Capital Stock », Conseil économique du Canada, coll. « Documents », nº 226, Ottawa, février 1983.

GEEHAN, Randall et ALLEN, Len, « Measuring the Real Output and Productivity of Savings and Credit Institutions », *Revue canadienne d'économique*, 1978, vol. 11, nº 4, pp. 669-679.

GRILICHES, Zvi, « Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth », *Bell Journal of Economics*, 1979, vol. 10, nº 1, pp. 92-116.

GROSSE, Robert, « The Structure of Capital », dans *Studies in the Structure of the American Economy*, Wassily Leontief et al. (éds.), New York, Oxford University Press, 1953.

HIRSHHORN, Ron et GEEHAN, Randall, « Measuring the Real Output of the Life Insurance Industry », *The Review of Economics and Statistics*, 1977, vol. 59, nº 2, pp. 211-219.

HAITOVSKY, Y., « A Note on the Maximization of $\bar{R}^2$ », *American Statistician*, 1969, vol. 23, nº 1, pp. 20-21.

JARRETT, J. Peter et SELODY, Jack G., « The Productivity-Inflation Nexus in Canada, 1963-79 », *Review of Economics and Statistics*, 1982, vol. 64, nº 3, pp. 361-367.

LEONTIEF, Wassily, « Exports, Imports, Domestic Output and Employment », *Quarterly Journal of Economics*, 1946 vol. 60, nº 2, pp. 171-197.

———, « Structural Change », dans *Studies in the Structure of the American Economy*, par Wassily Leontief et al., New York, Oxford University Press, 1953.

———, « An Alternative to Aggregation in Input-Output Analysis and National Accounts », *Review of Economics and Statistics*, 1967, vol. 49, nº 3, pp. 412-419.

MCFETRIDGE, D. G., *Government Support of Scientific Research and Development: An Economic Analysis*, Ontario Economic Council Research Study 8, Toronto, University of Toronto Press, 1977.

NATIONS-UNIES, *A System of National Accounts*, Studies in Methods, Série F, nº 2, Rév. 3, New York, NU, 1968.

NORDHAUS, William D., « The Recent Productivity Slowdown », *Brookings Papers on Economic Activity*, 1972, vol. 3, pp. 493-536.

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES, *Les activités d'information, de l'électronique et des technologies des télécommunications, Rapports de base*, vol. 2, Paris, OCDE, 1981.

PARIKH, A., « Various Definitions of Direct and Indirect Requirements in Input-Output Analysis », *Review of Economics and Statistics*, 1975, vol. 57, nº 3, pp. 375-377.

PETERSON, William, « Total Factor Productivity in the U.K.: A Disaggregated Analysis », dans *The Measurement of Capital*, K. D. Patterson et Kerry Schott (éds.), Macmillan, London, 1979.

POSTNER, Harry H., *An Analysis of Canadian Manufacturing Productivity: Some Preliminary Results*, Conseil économique du Canada, Étude nº 31, Ottawa, Information Canada, 1971.

———, « Canada and the Future of the International Economy: A Global Modeling Analysis », Conseil économique du Canada, Document nº 129, Ottawa, 1979.

———, « Problems of Identifying and Measuring Intermediate (Producer) Services in the Compilation and Use of Input-Output Tables », *Review of Income and Wealth*, 1982, vol. 28, nº 2, pp. 217-241.

RITZ, Philip, *Definitions and Conventions of the 1972 Input-Output Study*, Bureau of Economic Analysis Staff Paper, U.S. Department of Commerce, Washington, (D.C.), GPO, 1980.

RUGGLES, Richard et RUGGLES, Nancy D., « Integrated Economic Accounts for the United States, 1947-80 », *Survey of Current Business*, U.S. Department of Commerce, 1982, vol. 62, nº 5, pp. 1-53.

RYMES, T. K., « More on the Measurement of Total Factor Productivity », Carleton Economics Papers 82-06, Université Carleton, Ottawa, avril 1982.

SCHANKERMAN, Mark, « The Effects of Double-Counting and Expensing on the Measured Returns to R & D », *Review of Economics and Statistics*, 1981, vol. 63, nº 3, pp. 454-458.

SCHERER, F. M., « Demand-Pull and Technological Invention: Schmookler Revisited », *Journal of Industrial Economics*, 1982*a*, vol. 30, nº 3, pp. 225-237.

———, « Inter-Industry Technology Flows and Productivity Growth », *Review of Economics and Statistics*, 1982*b*, vol. 64, nº 4, pp. 627-634.

SCOTT, M.F.G., « What Price the National Income ? » dans *Economics and Human Welfare: Essays in Honour of Tibor Scitovsky*, M. Boskin (éd.), New York, Academic Press, 1979.

SEN, Amartya, « The Welfare Basis of Real Income Comparisons: A Survey », *Journal of Economic Literature*, 1979, vol. 17, nº 1, pp. 1-45.

SHARPE, Andrew, « A Disaggregated Analysis of Price Changes and Productivity in the Canadian Economy, 1961-76: A Labour Value Approach », inédit, 1981.

SKOLKA, Jiří V. (éd.), *Compilation of Input-Output Tables: Compte-rendu d'une conférence tenue à Gouvieux en France, du 16 au 22 août 1981*, publié en 1982, Berlin, Springer-Verlag.

STATISTIQUE CANADA, *The Input-Output Structure of the Canadian Economy, 1961, Volume I*, nº 15-501 au catalogue, août 1969.

———, *La structure par entrées-sorties de l'économie canadienne, 1971-1978*, nº 15-201F au catalogue, avril 1982*a*.

———, *La structure par entrées-sorties de l'économie canadienne en prix constants, 1971-1978*, nº 15-202F au catalogue, mai 1982*b*.

THEIL, Henri, *Economic Forecasts and Policy*, Amsterdam, North-Holland Publishing Company, 1961.

WOLFF, Edward, « Productivity Impacts from Changing Technology in the U.S. Economy, 1947-1967 », exposé fait dans le cadre de la Seventh International Conference on Input-Output Techniques, Innsbruck, Autriche, avril 1979.

ZELLNER, Arnold, « Estimation of Cross-Section Relations: Analysis of a Common Specification Error », *Metroeconomica*, 1962, vol. 14, nº 2, pp. 111-117.

POOR

QUALITY

ORIGINAL